



SKRIPSI – TK141581

**Pembuatan Biokomposit *Cellulose Acetate/Poly(L-Lactic Acid) Bead*:
Pengaruh Konsentrasi Larutan dan Ratio Berat *Cellulose Acetate/Poly(L-Lactic Acid)***

Oleh:
Gilmar Wicaksono
2312 100 128

Fiky Prima Utama
2312 100 136

Dosen Pembimbing

Hikmatun Ni'mah, S.T., M.S., Ph.D
NIP. 1984 10 10 2009 12 2006

Dr. Eva Oktavia Ningrum, ST, MS.
NIP. 1984 10 23 2009 12 2009

DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017



FINAL PROJECT – TK141581

Synthesis Biocomposite Cellulose Acetate / Poly (L-Lactic Acid) Bead: Effect of Solution Concentration and Ratio Weight Acetate Cellulose / Poly (L-Lactic Acid)

Gilmar Wicaksono
2312 100 128

Fiky Prima Utama
2312 100 136

Advisor

Hikmatun Ni'mah, S.T., M.S., Ph.D
NIP. 1984 10 10 2009 12 2006

Dr. Eva Oktavia Ningrum, ST, MS.
NIP. 1984 10 23 2009 12 200

CHEMICAL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017

LEMBAR PENGESAHAN

Pembuatan Biokomposit *Cellulose Acetate/Poly(L-Lactic Acid) Bead*: Pengaruh Konsentrasi Larutan dan Ratio Berat *Cellulose Acetate/Poly(L-Lactic Acid)*

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

Gilmar Wicaksono

2312 100 128

Fiky Prima Utama

2312 100 136

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Hikmatun Ni'mah, S.T., M.S., Ph.D
(Pembimbing I)

2. Dr.Eva Oktavia Ningrum, S.T., M.S
(Pembimbing II)

3. Dr. Ir. Sumarno, M.Eng.
(Penguji I)

4. Firman Kurniawansyah, S.T., M.Eng.Sc, Ph.D
(Penguji II)

5. Prida Novarita T., S.T., M.T
(Penguji III)



[Handwritten signatures of the examiners]

[Handwritten signature: Kurniawansyah]

Surabaya, Juli 2017

**Pembuatan Biokomposit *Cellulose*
Acetate/Poly(L-Lactic Acid) Bead: Pengaruh
Konsentrasi Larutan dan Ratio Berat *Cellulose*
*Acetate/Poly(L-Lactic Acid)***

Nama Mahasiswa / NRP: Gilmar Wicaksono / 2312 100 128
: Fiky Prima Utama / 2312 100 136

Departemen : Teknik Kimia FTI-ITS

Dosen Pembimbing : Hikmatun Ni'mah, S.T., M.S., Ph.D
: Dr. Eva Oktavia Ningrum, S.T., M.S.

ABSTRAK

Cellulose Acetate (CA) merupakan turunan natural polimer selulosa yang mempunyai banyak kelebihan diantaranya mempunyai stabilitas yang baik terhadap suhu dan biokompabiliti yang baik sehingga CA dapat diaplikasikan dalam bidang biomedik dan lingkungan. Sedangkan *Poly(L-Lactid Acid)* (PLLA) merupakan biodegradable polimer yang mempunyai sifat biokompabilitas dan biodegradabilitas yang baik namun masih mempunyai kekurangan yang dapat membatasi penggunaannya, misalnya dalam bidang biomedik, lingkungan, tekstil. Dengan mempertimbangkan kelebihan masing-masing komponen, pencampuran antara CA dan PLLA diharapkan dapat membentuk biokomposit yang mempunyai sifat unggul dan kinerja yang baik pada pengaplikasiannya. Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari pengaruh perubahan perbandingan berat dan konsentrasi larutan antara CA dan PLLA terhadap properti dan karakteristik biokomposit CA/PLLA, serta properti dan kinerja adsorpsi dari CA/PLLA *beads*, dan mempelajari pengaruh perubahan waktu larutan metilen biru terhadap kinerja adsorpsi dari CA/PLLA *beads*. Metode penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini, dimulai dari CA dan PLLA dilarutkan

dalam pelarut yang sesuai yang kemudian keduanya dicampur dan diaduk hingga menjadi larutan homogen, larutan homogen CA/PPLA disuntikkan kedalam *bath* koagulasi untuk membentuk *beads* yang kemudian dikeringkan. Sedangkan untuk uji yang harus dilakukan yaitu analisa *morphology* yaitu SEM, uji *thermal stability* CA/PLLA *beads* menggunakan uji TGA, uji DSC yang menganalisa tentang *thermal properties* bead dan terakhir adalah uji adsorpsi dengan spektrofotometri UV-VIS. Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil untuk CA/PLLA *beads* bahwa semakin banyak PLLA yang ditambahkan akan semakin kecil diameter *beads*, fenomena ini terjadi pada kedua variable konsentrasi larutan yaitu 10% dan 15%. Dan untuk uji TGA didapatkan hasil semakin banyak PLLA yang ditambahkan akan semakin rendah suhu yang diperlukan untuk terdegradasi. Dengan waktu pengamatan 36 jam perendaman *beads* didapatkan persen removal biokomposit CA/PLLA 60/40 dengan variable 10% wt sebesar 45,80 % dan variable 15% wt sebesar 43,68%.

Kata Kunci : CA, PLLA, Beads, Biokomposit, Adsorben.

**Synthesis Biocomposite Cellulose Acetate / Poly
(L-Lactic Acid) Bead: Effect of Solution
Concentration and Ratio Weight Acetate
Cellulose / Poly (L-Lactic Acid)**

Name / NRP : Gilmar Wicaksono / 2312 100 128
: Fiky Prima Utama / 2312 100 136

Departement : Chemical Engineering, Faculty of
Industrial Technology ITS

Advisor : Hikmatun Ni'mah, S.T., M.S., Ph.D
: Dr. Eva Oktavia Ningrum, S.T., M.S.

ABSTRAK

Cellulose Acetate (CA) is a natural derivative of cellulose polymers which have many advantages such as having good stability to temperature and good biocompatibility, so that CA can be applied into the biomedical and environmental issues. Poly (L-Lactid Acid) (PLLA) is a biodegradable polymer that has good biocompatibility and biodegradability, but still has deficiencies that can limit its use in biomedical, environmental, textile fields etc. Considering the advantages of each component, the mixing between CA and PLLA is expected to form biocomposites that have superior properties and good performance on their application. This study was conducted to study the effect of changes in weight ratio and concentration of solution between CA and PLLA on properties and characterization of biocomposite CA / PLLA beads, as well as the adsorption properties and performance of CA / PLLA beads, and studied the effect of time change of methylene blue solution on adsorption performance of CA / PLLA beads. The research method used in this study, starting with CA and PLLA was dissolved in an appropriate solvent which was then mixed and stirred until it became

homogeneous solution, the homogeneous solution of CA / PLLA was injected into the coagulation bath to form beads which were then dried. As for the test that must be done that are morphology analysis which use SEM, thermal stability test which use TGA test, DSC test that analyze about thermal properties beads and adsorption test which use spectrophotometry UV-VIS. From the research that has been done to obtain the CA / PLLA beads that the more PLLA added will be the smaller diameter of beads, this phenomenon occurs in both variable concentration of solution that is 10% and 15%. And for the TGA test results obtained the more PLLA added the lower the temperature required for degradation.. With observation time 36 hours soaking beads obtained %. Biggest %removal obtained with 10%wt variable with value of 45,80% and 15% wt variable is 43,68%.

Key Words : CA, PLLA, Beads, Biokomposit, Adsorben.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami sampaikan ke hadirat Allah SWT karena hanya dengan rahmat dan berkah-Nya sehingga kami dapat menulis dan telah menyelesaikan skripsi kami yang berjudul **“Pembuatan Biokomposit *Cellulose Acetate/Poly(L-Lactic Acid)* Bead: Pengaruh Konsentrasi Larutan dan Ratio Berat *Cellulose Acetate/Poly(L-Lactic Acid)*”** Dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapat bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung dari beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT
2. Orang tua dan keluarga atas segala kasih sayang, kesabaran, doa dan pengorbanan dalam mendidik dan membesarkan kami.
3. Bapak Juwari, ST, M.Eng. Ph.D, selaku Kepala Departemen S1 Teknik Kimia FTI – ITS.
4. Bapak Dr. Ir. Sumarno, M.Eng selaku Kepala Laboratorium Teknologi Material.
5. Ibu Hikmatun Ni'mah, S.T., M.S., Ph.D selaku Dosen Pembimbing I, dan Ibu Dr. Eva Oktavia Ningrum, S.T., M.S.selaku Dosen Pembimbing II atas bimbingan dan arahan yang sudah diberikan.
6. Ibu Dr. Lailatul Qadariyah., S.T., M.T selaku koordinator Tugas Akhir dan Skripsi Departemen Teknik Kimia FTI-ITS
7. Bapak/Ibu dosen penguji
8. Seluruh Dosen pengajar dan karyawan Departemen Teknik Kimia FTI-ITS.
9. Rekan-rekan di laboratorium Teknologi Material Departemen Teknik Kimia FTI-ITS yang telah memberikan saran, motivasi, serta ilmu yang tidak putus-putusnya kepada kami.
10. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah banyak membantu dalam proses pengerjaan skripsi ini.

Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk sekarang dan masa yang akan datang. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan, sehingga saran dan kritik yang membangun dari pembaca sangat diperlukan.

Surabaya, 27 Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| HALAMAN JUDUL | |
| LEMBAR PENGESAHAN | |
| ABSTRAK | i |
| ABSTRACT | iii |
| KATA PENGANTAR | v |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR GAMBAR | ix |
| DAFTAR TABEL | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| I.1 Latar belakang | 1 |
| I.2 Perumusan dan Batasan Masalah | 3 |
| I.3 Tujuan Penelitian..... | 5 |
| I.4 Manfaat Penelitian..... | 5 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | |
| II.1 <i>Poly Lactic Acid (PLA)</i> | 7 |
| II.2 <i>Cellulose Acetate (CA)</i> | 10 |
| II.3 Metilen Biru | 14 |
| II.4 Material Komposit | 15 |
| II.5 Adsorben | 17 |
| II.6 Analisa yang Dilakukan | 19 |
| II.7 Studi Hasil Penelitian Sebelumnya | 23 |
| BAB III METODE PENELITIAN | |
| III.1 Bahan yang Digunakan..... | 27 |
| III.2 Peralatan Penelitian | 28 |
| III.3 Prosedur Penelitian | 29 |
| III.4 Variabel Penelitian..... | 30 |
| III.5 Karakterisasi Penelitian | 30 |
| III.6 Blok Diagram Penelitian..... | 35 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | |

| | |
|---|-------------|
| IV.1 Bentuk Fisik Beads | 38 |
| IV.2 Hasil Penambahan PLLA pada morfologi Beads.. | 40 |
| IV.3 Hasil Analisa Penyerapan Metilen Biru..... | 47 |
| IV.4 Pengaruh Penambahan PLLA pada Karakterisasi Termal..... | 53 |
| IV.5 Pengaruh Penambahan PLLA pada Kestabilan Suhu | 55 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | 60 |
| DAFTAR PUSTAKA | xv |
| DAFTAR NOTASI..... | xvii |
| APPENDIKS A | |
| APPENDIKS B | |
| APPENDIKS C | |
| APPENDIKS D | |
| APPENDIKS E | |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------------|---|----|
| Gambar 2.1 | Rumus Bangun <i>PLLA</i> | 8 |
| Gambar 2.2 | Stuktur selulosa..... | 10 |
| Gambar 2.3 | Rumus Bangun <i>Cellulose Acetate</i> | 11 |
| Gambar 2.4 | <i>Cellulose Acetate</i> | 13 |
| Gambar 2.5 | Struktur Kimia Molekul Metilen Biru..... | 14 |
| Gambar 2.6 | Skema Peralatan Analisa SEM..... | 20 |
| Gambar 2.6 | Skema Peralatan Analisa TGA..... | 21 |
| Gambar 2.7 | Skema Peralatan Analisa DSC | 22 |
| Gambar 3.1 | Skema Proses Pembentukan CA/PLLA Beads . | 28 |
| Gambar 3.2 | Skema Proses Pembentukan <i>PLLA/CA Beads</i> | 38 |
| Gambar 3.3 | Skematis Sistem Kerja TGA | 31 |
| Gambar 3.4 | Skema Peralatan Analisa DSC | 32 |
| Gambar 3.5 | Skematis Sistem Kerja SEM | 34 |
| Gambar 4.1 | Foto beads konsentrasi larutan 10% wt (CA/PLLA) (a) 100/0 , (b) 90/10, (c) 80/20, (d) 70/30, (e) 60/40 | |

| | |
|---|----|
| Gambar 4.2 Foto beads konsentrasi larutan 15% wt (CA/PLLA) (a) 100/0 , (b) 90/10, (c) 80/20, (d) 70/30, (e) 60/40 | 39 |
| Gambar 4.3 Hasil analisa SEM permukaan <i>CA/ PLLA beads</i> 10 % wt perbesaran 5000x variabel (a) 100/0 , (b) 90/10, (c) 80/20, (d) 70/30, (e) 60/40 | 41 |
| Gambar 4.4 Hasil analisa SEM permukaan <i>CA/ PLLA beads</i> 15 % wt perbesaran 2500x variabel (a) 100/0 , (b) 90/10, (c) 80/20, (d) 70/30, (e) 60/40 | 43 |
| Gambar 4.5 Hasil analisa SEM bagian dalam <i>CA/ PLLA beads</i> 10 % wt perbesaran 2500x variabel (a) 100/0 , (b) 90/10, (c) 80/20, (d) 70/30, (e) 60/40 | 45 |
| Gambar 4.6 Hasil analisa SEM bagian dalam <i>CA/ PLLA beads</i> 15 % wt perbesaran 2500x variabel (a) 100/0 , (b) 90/10, (c) 80/20, (d) 70/30, (e) 60/40 | 46 |
| Gambar 4.7 Grafik q dan Waktu penyerapan CA/PLLA 10%wt | 48 |
| Gambar 4.8 Grafik %removal dan Waktu penyerapan CA/PLLA10%wt | 49 |
| Gambar 4.9 Grafik q Vs Waktu penyerapan CA/PLLA 15%wt | 50 |
| Gambar 4.10 Grafik %removal Vs Waktu penyerapan CA/PLLA 15%wt | 51 |
| Gambar 4.11 Grafik perbandingan 10%wt dan 15%wt CA/PLLA <i>Bead</i> | 52 |
| Gambar 4.12 Grafik Komposisi CA/PLLA <i>Beads</i> terhadap kapasitas adsorpsi dan % removal | 53 |

Gambar 4.13 Kurva DSC dari biokomposit CA/PLLA *beads*. 54

Gambar 4.14 Hasil analisa TGA (*Thermogravimetry Analysis*)
CA/PLLA *Beads* 10%wt . 54

Gambar 4.15 Hasil analisa TGA (*Thermogravimetry Analysis*)
CA/PLLA *Beads* 15%wt 15 % 57

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 Sifat Fisik dan Kimia dari PDLA, PLLA, dan PDLA | 8 |
| Tabel 2.2 Karakteristik dari Selulosa Asetat | 20 |
| Tabel 2.3 Teknik Blending | 16 |
| Tabel 2.4 Studi Hasil Penelitian Sebelumnya | 23 |
| Tabel 4.1 Diameter CA/PLLA <i>Beads</i> yang dihasilkan... | 39 |
| Tabel 4.2 Nilai T_m , ΔH_f , yang diperoleh dari analisa DSC biokomposit CA/PLLA <i>beads</i> 10%wt..... | 55 |
| Tabel 4.3 Kestabilan Suhu Produk Biokomposit PLLA/CA | 57 |

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Poli(L-asam laktat) (PLLA) telah diketahui sebagai *biodegradable polymer* sejak tahun 1960 dan telah banyak digunakan sebagai biomaterial dalam aplikasi biomedis seperti material implant, jahitan operasi, dan sistem penghantar obat terkontrol karena memiliki sifat biokompatibilitas dan biodegradabilitas yang baik (Sitompul dkk, 2014). Penggunaan PLLA sebagai bahan mentah dalam industri polimer juga menjadi solusi untuk mengatasi beberapa masalah lingkungan terutama dalam hal limbah plastik yang tidak dapat terdegradasi di alam dengan mudah. Bagaimanapun juga, PLLA memiliki kekurangan yang membatasi penggunaannya dalam beberapa aplikasi tertentu. Pada aplikasi komersial, dalam proses produksi material pembungkus skala besar (*film and sheet casting, stretch blow molding* dan *injection molding*), PLLA memiliki masalah karena sifatnya yang kaku, mudah patah, laju kristalisasi yang rendah tingkat hidrofobnya rendah, dan stabilitas thermal yang rendah. Selain itu, PLLA tidak tahan pada suhu tinggi dan sensitif pada kelembaban. Untuk mengatasi masalah tersebut, beberapa penelitian telah dilakukan untuk memodifikasi sifat fisik PLLA melalui beberapa metode umum yaitu *blending*, kopolimerisasi, dll (Pan dkk., 2009). Metode pencampuran (*blending*), baik dengan menggunakan pelarut maupun dengan pelelehan, merupakan metode yang cukup sederhana dan mudah apabila dibandingkan dengan metode polimerisasi pembentukan kopolimer.

Salah satu material yang dapat digunakan untuk meningkatkan properti dari PLLA adalah selulosa. Selulosa, terkait polisakarida dan turunannya telah banyak menarik minat peneliti sebagai polimer ramah lingkungan (*biodegradable*), yang memiliki potensi tinggi untuk pengembangan lebih lanjut sebagai bahan polimer konvensional yang mempunyai kinerja yang baik

dan murah (Witthayaprapakorn dkk, 2013). Selain itu selulosa juga mempunyai sifat unggul lainnya seperti tahan terhadap suhu tinggi, sifat biokompatibiliti yang bagus, dan tidak menghasilkan *byproduct* asam (Fernandes dkk, 2013). Sehingga apabila PLLA dan material berbasis selulosa digabungkan akan menghasilkan material komposit yang mempunyai sifat unggul sehingga akan memperluas pengaplikasiannya misalnya dalam bidang biomedik sebagai *scaffold* dalam *tissue engineering* dan lingkungan sebagai *biodegradable adsorbent*.

Penelitian sebelumnya di laboratorium kami mengenai pembuatan dan karakterisasi material biokomposit yang tersusun atas PLLA/mikrokristalin selulosa (MCC) dan PLLA/selulosa fiber dari jerami padi menunjukkan kenaikan stabilitas terhadap suhu. Akan tetapi sifat mekanik mengalami penurunan yang tidak terlalu signifikan karena kurangnya adhesi antara PLLA dan selulosa (Mayang dkk, 2015 dan Chandra dkk, 2016) dan pembuatan dan karakterisasi material biokomposit yang tersusun atas CA/PLLA menunjukkan kenaikan stabilitas terhadap suhu dan dalam penelitian tersebut ditunjukkan bahwa kinerja adsorpsi bead akan semakin dapat mengadsorpsi bahan bila pH semakin besar (Nining dkk, 2016). Sehingga nilai kapasitas adsorpsi pada pH basa lebih besar daripada nilai kapasitas adsorpsi pada pH asam. Akan tetapi penelitian ini hanya berdasarkan perbedaan pH. Pada penelitian sebelumnya tersebut belum diteliti bagaimana performa/kinerja material biokomposit tersebut apabila diaplikasikan dalam bidang biomedik atau lingkungan. Seperti yang sudah pernah dilaporkan oleh Domingues dkk (2014) bahwa PLLA dan Selulosa dapat diaplikasikan sebagai material dalam *tissue engineering* karena mempunyai sifat *biodegradable* dan *biocompatible*. Pada penelitian ini, jenis selulosa yang digunakan adalah turunan selulosa yakni *Cellulose acetate* (CA). CA adalah ester yang paling penting dari selulosa, yang diperoleh dari reaksi *cellulose* dengan anhidrat asetat dan asam asetat dengan adanya asam belerang. Tergantung pengolahannya. *Beads* yang berasal dari CA telah dilaporkan untuk diaplikasikan sebagai adsorben

(Weber dkk, 2005), imobilisasi enzim, medium untuk separasi, dan pengontrol pelepasan obat. *Cellulose beads* adalah partikel basah atau kering digunakan untuk berbagai jenis aplikasi, terutama untuk imobilisasi, pemurnian, pemisahan, dan tujuan filtrasi. *Cellulose beads* sudah ada di pasaran dalam bentuk partikel yang mengembang dalam air (Romain dkk, 2010). *Cellulose beads* dapat diproduksi dalam berbagai macam proses yaitu dengan metode droplet (tetesan-tetesan), jet-splitter, atau dalam skala laboratorium menggunakan jarum suntik atau dengan menekan melalui bahan yang berlubang dan metode dispersi. Selain selulosa, beberapa jenis turunan selulosa seperti CA, CAB (*cellulose acetate butyrate*), CC (*cellulose carbamate*) dan CXA (*cellulose xanthate*) juga dapat digunakan sebagai bahan pembuatan bead berbasis selulosa (Gericke dkk, 2012). Secara parsial CA cocok dengan PLLA, tetapi kecocokan tersebut bisa lebih ditingkatkan dengan mengoptimalkan kondisi seperti komposisi pelarut, komposisi pencampuran dan suhu (Witthayaparakorn dkk, 2013). Dan juga kinerja adsorpsi yang baik didapat pada pH yang netral dan perbandingan berat CA yang sedikit lebih banyak daripada PLLA(75/25) (Nining dkk, 2016). Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan, campuran CA dan PLLA sebagai material penyusun pembuatan *bead* perlu diteliti kembali dengan mempertimbangkan kondisi optimum pencampuran antara PLLA dan CA. Biokomposit CA/PLLA *bead* selanjutnya dapat diaplikasikan sebagai adsorben yang ramah lingkungan.

I.2 Perumusan dan Batasan Masalah

1.2.1 Perumusan Masalah

PLLA merupakan biodegradable polimer yang mempunyai sifat mekanik yang bagus namun masih mempunyai kekurangan yaitu tidak tahan pada suhu tinggi, sifatnya yang kaku, mudah patah, dan stabilitas thermal yang rendah yang dapat membatasi penggunaannya, misalnya dalam bidang biomedik, lingkungan, tekstil, dsb. Sedangkan CA merupakan turunan

natural polimer selulosa yang mempunyai banyak kelebihan diantaranya seperti tahan terhadap suhu tinggi, sifat biokompatibiliti yang bagus, dan tidak menghasilkan *byproduct* asam sehingga CA dapat diaplikasikan dalam bidang biomedik dan lingkungan. Dengan mempertimbangkan kelebihan masing-masing komponen pencampuran antara PLLA dan CA diharapkan dapat membentuk biokomposit yang mempunyai sifat unggul dan kinerja yang baik pada pengaplikasiannya. faktor yang mempengaruhi properti dan performa biokomposite CA/PLLA *bead* seperti perbandingan berat serta konsentrasi larutan CA dan PLLA perlu. Pada penelitian ini, biokomposite material CA/PLLA akan diteliti properti dan performanya sebagai adsorben dalam bentuk *bead*, dimana metilen biru akan digunakan sebagai bahan yang diserap (adsorbat). Penelitian tentang pengaplikasian CA menjadi *cellulose bead* telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, namun sebagian besar penelitian di atas hanya menekankan pada sintesa dan properti dari *cellulose bead* saja. Di samping itu, penelitian mengenai CA/PLLA sebagai bahan pembentukan *bead* sebagai adsorben dengan kondisi tertentu sangat jarang dikembangkan dan hanya menampilkakan pada kondisi perbedaan pH saja. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, beberapa faktor yang mempengaruhi properti dan performa biokomposite CA/PLLA *bead* seperti perbandingan berat serta konsentrasi larutan CA dan PLLA perlu diteliti lebih lanjut. Karakteristik biokomposite CA/PLLA yang akan diamati meliputi sifat mekanik dan stabilitas terhadap suhu dan waktu. Struktur dan properti CA/PLLA *bead* akan diinvestigasi dalam hal morfologi dan ukuran pori dari *bead* serta kemampuan adsorpsi dari *bead* juga diamati untuk menunjukkan kinerja CA/PLLA *bead* sebagai *biodegradable* adsorben.

1.2.2 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini:

- a. Proses *blending* antara PLLA dan CA dilakukan dengan menggunakan metode *solvent blending* dimana menggunakan

campuran kloroform, aceton dan dimethyl sulfoxide (DMSO) dengan perbandingan tertentu sebagai *solvent*.

- b. Bahan polimer matriks yang digunakan adalah *poly(L-lactic acid)* (PLLA) dengan berat molekul tinggi.
- c. CA yang digunakan mempunyai berat molekul rendah ($M_n = 30.000$)
- d. Karakterisasi sifat mekanis ukuran dan struktur biokomposit bead dilakukan pada pH netral.
- e. Karakterisasi sifat mekanis ukuran dan struktur biokomposit bead dilakukan pada suhu kamar.

I.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Mempelajari pengaruh perubahan perbandingan berat antara CA dan PLLA terhadap properti dan karakteristik biokomposit CA/PLLA, serta properti dan kinerja adsorpsi dari CA/PLLA *beads*.
2. Mempelajari pengaruh perubahan perbandingan konsentrasi larutan antara CA dan PLLA terhadap properti dan karakteristik biokomposit CA/PLLA, serta properti dan kinerja adsorpsi dari CA/PLLA *beads*.
3. Mempelajari pengaruh perubahan waktu terhadap kinerja adsorpsi dari CA/PLLA *beads*.

I.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi tambahan data referensi penelitian tentang material penyusun *bead* berbasis selulosa yang ramah lingkungan sebagai adsorben bagi peneliti dan penelitian lainnya. Di samping itu, penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan tentang aplikasi dari *bead* berbasis selulosa sesuai dengan karakteristiknya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

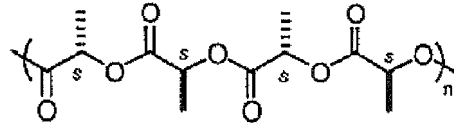
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Poly Lactic Acid (PLA)

Poly Lactic Acid (PLA) merupakan polyester alifatik linear yang diperoleh dari asam laktat yang diproduksi secara alami. *Poly Lactic Acid* (PLA) adalah polimer dari sumber yang terbarui dan berasal dari proses esterifikasi asam laktat yang diperoleh dengan cara fermentasi oleh bakteri dengan menggunakan substrat pati atau gula sederhana (Bastioli, 2002). Poli asam laktat (PLA) ditemukan pada tahun 1932 oleh *Carothers* (*DuPont*) yang memproduksi PLA dengan memanaskan asam laktat pada kondisi vakum. Pada tahap selanjutnya, *DuPont* dan *Ethicon* memfokuskan pembuatan aplikasi medical grade sutures, implan dan kemasan obat. Baru-baru ini, beberapa perusahaan seperti Shimadzu dan Mitsui Tuatsu di Jepang telah memproduksi sejumlah PLA untuk aplikasi plastik. Poli asam laktat atau Poli laktida (PLA) dengan rumus kimia $(\text{CH}_3\text{CHOHCOOH})_n$ adalah sejenis polimer atau plastik yang bersifat biodegradabel. Walaupun PLA sudah dikenal sejak abad yang lalu, namun baru diproduksi secara komersial dalam beberapa tahun terakhir dengan keunggulannya yaitu memiliki kemampuan untuk terdegradasi secara biologi.

PLA mempunyai berat molekul rendah antara $7,6 \times 10^3$ sampai $9,3 \times 10^3$ dan berat molekul tinggi antara $1,5 \times 10^5$ sampai $7,7 \times 10^5$ (Juliana dkk, 2011). PLA memiliki sifat tahan panas, kuat, dan merupakan polimer yang *elastic* (Auras, 2002). Homopolimer dari PLA adalah bubuk putih pada suhu kamar dengan T_g dan T_m nilai-nilai sekitar 55°C dan 175°C . PLA berbentuk kristal yang tidak berwarna, dan mengkilap mirip dengan polistiren. PLA merupakan *polyester thermoplastic* yang memiliki atom C asimetrik atau kiral sehingga memiliki tiga jenis struktur polimer yang berbeda yaitu poli (D-asam laktat) (PDLA) merupakan material kristal dengan struktur rantai reguler, poli(L-asam laktat) (PLLA) yang merupakan hemi-kristal dengan

struktur rantai reguler, dan poli(D,L-asam laktat) (PDLA) yang merupakan material bersifat *amorf* (Lin, 2012). PLLA mempunyai kristalinitas 37%. Penggunaan PLLA sebagai bahan mentah dalam industri polimer juga menjadi solusi untuk mengatasi beberapa masalah lingkungan terutama dalam hal limbah plastik yang tidak dapat terdegradasi di alam dengan mudah.



poly-L-lactide

Gambar II.1 Rumus Bangun *PLLA* (*Poly L-Lactic Acid*)

Tabel II.1. Sifat Fisik dan Kimia dari PDLA, PLLA, dan PDLA

| Properti | PDLA | PLLA | PDLA |
|--|---|---------------|------------|
| Kelarutan | Larut dalam benzene, kloroform, asetonitril asetonitril, tetrahydrofuran (THF), dioxin Tidak larut dalam ethanol, metanol, dan allifatik hidrokarbon. | | |
| Struktur Kristal | Kristalin | Hemikristalin | Amorf |
| Titik Leleh (T _m)/°C | ~180 | ~180 | Bervariasi |
| Suhu Transisi Gelas (T _g)/°C | 50-60 | 55-60 | Bervariasi |
| Suhu Dekomposisi/°C | ~200 | ~200 | 185-200 |
| Elongation at break/% | 20-30 | 20-30 | Bervariasi |
| Breaking strength/(g/d) | 4.0-5.0 | 5.0-6.0 | Bervariasi |
| Waktu degradasi pada 37° C | 4-6 bulan | 4-6 bulan | 2-3 bulan |

(*Sumber: Lin Xiao dkk, 2013*)

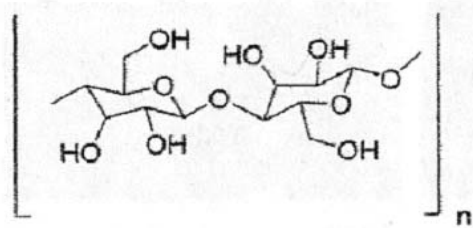
PLA akan terdegradasi di lingkungan mulai dari 6 bulan hingga 2 tahun, tergantung pada ukuran dan bentuk artikel, rasio isomer nya, dan suhu. Sifat tarik PLA dapat bervariasi tergantung pada anil atau berorientasi, atau derajat dari kristalinitas. PDLA, PLLA dan PDLLA larut dalam pelarut organik termasuk benzena, kloroform, dioksan, dll dan dapat diturunkan oleh hidrolisis sederhana dari ikatan ester bahkan tanpa adanya α hydrolase (Garlotta et al., 2001).

Poly (L-Lactic Acid) (PLLA) merupakan bioplastik yang memiliki potensi sebagai alternatif substitusi polimer berbasis minyak bumi karena PLLA memiliki sifat fisik polimer termoplastik, modulus elastisitas yang tinggi, dan dapat diproses (Pan dkk., 2009; Hirata dan Kimura, 2010). Penggunaan PLLA sebagai bahan mentah dalam industri polimer juga menjadi solusi untuk mengatasi beberapa masalah lingkungan terutama dalam hal limbah plastik yang tidak dapat terdegradasi di alam dengan mudah. Bagaimanapun juga, PLLA memiliki kekurangan yang membatasi penggunaannya dalam beberapa aplikasi tertentu. Dalam proses produksi material pembungkus skala besar (film and *sheet casting*, *stretch blow molding*, dan *injection molding*), PLLA memiliki masalah karena sifatnya yang kaku, mudah patah, dan laju kristalisasi yang rendah (Tsuji, 2005). Walaupun kekuatan tensile/luluh (tensile strength) dan modulus elastisitasnya sebanding dengan plastik berbasis minyak bumi, nilai toughness yang rendah akan membatasi penggunaannya dalam aplikasi komersial yang membutuhkan ketahanan terhadap deformasi pada level aplikasi beban yang tinggi (*high stress level*) (Gui dkk., 2012).

PLLA sebagai bahan *biodegradable* plastik mempunyai sifat mekanis yang bagus, tingkat hidrofob yang rendah, dan stabilitas thermal yang rendah. Akan tetapi PLLA tidak tahan pada suhu tinggi dan sensitif pada kelembaban, untuk itu bahan tersebut perlu dipadukan dengan material lain untuk memperbaiki kekurangannya. Salah satu material yang dapat digunakan untuk meningkatkan properti dari PLLA

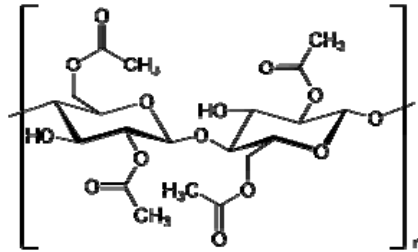
adalah selulosa. Selulosa merupakan komponen utama penyusun dinding sel tanaman. Kandungan selulosa pada dinding sel tanaman tingkat tinggi sekitar 35-50% dari berat kering tanaman. Selulosa terdapat pada semua tanaman dari pohon tingkat tinggi hingga organisme primitif seperti rumput laut, flagellata, dan bakteri (Fengel dan Wegner, 1995). Selulosa bertindak sebagai filler yang dapat memperbaiki property PLLA karena selulosa mempunyai sifat mekanik yang bagus, ketahanan minyak dan uap air, selain itu selulosa ketersediaannya tinggi dan harganya murah. Tetapi, selulosa mempunyai kelemahan, yaitu mudah rapuh, sensitif terhadap kelembapan, dan mempunyai suhu pelunakan yang rendah.

II.2 Cellulose Acetate (CA)



Gambar II.2 Struktur selulosa

Selulosa termasuk senyawa makromolekul dari kayu. Selulosa adalah homopolisakarida atau polisakarida linear berantai panjang yang tersusun dari 6000-15000 unit glukosa dalam bentuk piranosa yang berhubungan satu dengan yang lainnya melalui ikatan 1,4 glukosidik. Secara umum rumus molekul selulosa adalah $(C_6H_{10}O_5)_n$ dengan Berat Molekulnya sekitar 250.000-1.000.000 atau lebih. Selulosa mengandung gugus hidroksil (OH^-) disepanjang rantainya yang menyebabkan secara keseluruhan selulosa bermuatan negatif.



Gambar II.3 Rumus Bangun *Cellulose Acetate*

Cellulose Acetate merupakan ester asam organik dari selulosa yang telah lama dikenal di dunia. Produksi *Cellulose Acetate* adalah yang terbesar dari semua turunan selulosa. *Cellulose Acetate* pertama kali dikenalkan oleh *Schutzenberger* pada 1865. Pada 1879, *Franchimont* melaporkan penggunaan asam sulfat sebagai katalis untuk asetilasi, dimana katalis ini masih sangat biasa digunakan untuk produksi *Cellulose Acetate* secara komersial. Proses pembuatan *Cellulose Acetate* selanjutnya disempurnakan oleh *Miles* (1903) dan *Von Bayer* (1906). Selanjutnya dibawah pengawasan *Camille* dan *Henri Dreyfus* untuk pertama kalinya direalisasikan proses produksi *Cellulose Acetate* dengan skala besar di Inggris (*Mc Ketta*,1997). *Cellulose Acetat* mempunyai rumus molekul $[C_6H_7O_2(OCOCH_3)_3]_x$, berwujud padat dengan bentuk granula atau serbuk dan berwarna putih. Karena keseragamannya dalam kualitas, kemudahan dalam pewarnaan dan berbagai karakteristik estetika lainnya, menjadikan *Cellulose Acetate* sebagai pilihan dalam pembuatan pakaian wanita dan keperluan kain pada rumah tangga. *Cellulose Acetate* adalah serat yang paling banyak digunakan dalam bidang tekstil karena harganya yang ekonomis, warna terang, dan variasi sifat yang beraneka ragam. Penggunaan terbesar yaitu sebagai serat material pada filter rokok.

Tabel II.2 Karakteristik dari Selulosa Asetat

| Kandungan asetil (%) | Derajat substitusi | Pelarut yang lazim | Penggunaan |
|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------------------|
| 13 – 18.6 | 0.6 – 0.9 | air | - |
| 22.2 – 32.2 | 1.2 – 1.9 | 2-metoksi-etanol | Plastik,Cat laker |
| 36.5 – 42.2 | 2.0-2.8 | Aseton | Benang,Film topografi,membrane |
| 43 – 44.8 | 2.8- 3.9 | Klorofom | Kain,Pembungkus benang |

(Fengel dan Wegner, 1995).

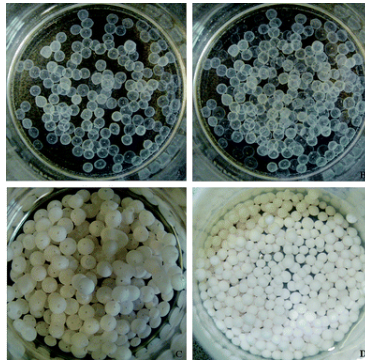
Adapun karakteristik dari *Cellulose Acetate* adalah :

- Bersifat termoplastik.
- Absorpsi selektif dan penghilangan zat organik tingkat rendah.
- Dapat berikatan dengan plasticizers, tahan terhadap panas dan tekanan.
- Dapat larut dalam berbagai pelarut (terutama aseton, dan beberapa pelarut organik lainnya).
- Bersifat hidrofilik, asetat mudah basah dengan perpindahan cairan yang baik dan absorpsi yang bagus, dalam keadaan kering ketahanan asetat berkurang.
- Luas permukaan yang tinggi.

Cellulose Acetate bersifat hidrofobik dan memiliki sifat yang mudah untuk dibentuk, quick drying, tidak mudah berkerut, dan stabilitas tinggi (Mc. Ketta, 1997). Pemakaian penting lainnya adalah sebagai filter pada sigaret, untuk produksi lembaran-lembaran plastik, film, dan juga cat, dan filter pada rokok. Oleh

karena itu, *Cellulose Acetate* merupakan bahan industri yang cukup penting peranannya (Kirk & Othmer, 1977).

Dalam industri salah satu pemakaian *Cellulose Acetate* (ester asam organik dari selulosa) adalah untuk membuat *Cellulose beads* yang dapat dibuat dari larutan dengan baik menggunakan mesin “*droplet-making*” seperti *atomizers* dan *jet-splitter*, atau pada skala laboratorium, dengan jarum suntik atau dengan menekan larutan melalui material berlubang. Untuk meningkatkan beberapa spesifisitas sifat penyerapan selulosa dapat dengan beberapa polisakarida lainnya, seperti kitin atau kitosan. Pencampuran selulosa dengan ester selulosa dalam pelarut umum dapat memengaruhi aspek rasio beads. Umumnya *Cellulose beads* digunakan dalam bidang biokimia dan bioteknologi, terutama enzim rekayasa. Selain itu diaplikasikan dalam adsorpsi dan pertukaran ion kromatografi ion logam. Luasnya aplikasi yang mungkin adalah ditunjukkan dengan upaya untuk menyiapkan bahan komposit baru berdasarkan *beads cellulose*, yang cocok sebagai operator atau adsorben senyawa biologis aktif, dan upaya untuk mempersiapkan arang bead dan cryoperlose, yaitu perlose jenuh dengan larutan nonfreezing. *Cellulose beads* dalam bentuk kering adalah salah satu bubuk biopolymeric berhasil diterapkan dalam pengobatan purulen, digunakan juga sebagai bahan krim kosmetik.



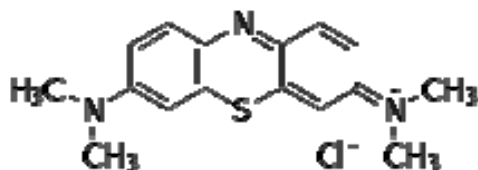
Gambar II.4 *Cellulose Beads*

Cellulose beads dan turunannya banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, ini dilihat dari sifat khas beads cellulose yang :

- Ketersediaan produk dan harga terjangkau,
- Kemungkinan untuk memilih ukuran partikel,
- Kekuatan mekanik (kerugian tekanan rendah di kolom,
- Kemungkinan untuk bekerja sebagai filter industri),
- Porositas tinggi (aksesibilitas untuk senyawa molekul tinggi massa),
- Hidrofilisitas (toleransi struktur biologis, kinetika cepat),
- Reaktivitas kimia di derivatizations.

II.3 Metilen Biru

Metilen biru atau *methylene blue* yang memiliki rumus kimia $C_{16}H_{18}ClN_3S$, adalah senyawa hidrokarbon aromatik yang beracun dan merupakan zat warna kationik dengan daya adsorpsi yang sangat kuat. Pada umumnya metilen biru digunakan sebagai pewarna sutra, wool, tekstil, kertas, peralatan kantor dan kosmetik. Senyawa ini berupa kristal berwarna hijau gelap. Ketika dilarutkan, metilen biru dalam air atau alkohol akan menghasilkan larutan berwarna biru. Metilen biru memiliki berat molekul 319,86 gr/mol, dengan titik lebur pada 105°C dan daya larut sebesar $4,36 \times 10^4 \text{ mg/L}$ (Endang Palupi, 2006). Struktur metilen biru tertera pada Gambar 2.4 :



Gambar II.5 Struktur Kimia Molekul Metilen Biru

Metilen biru merupakan salah satu zat warna yang digunakan pada industri tekstil. Metilen biru digunakan sekitar 5% dalam pewarnaan sedangkan sisanya 95% akan dibuang ke badan air, sehingga dapat mencemari lingkungan. Senyawa ini sangat stabil sehingga sulit terdegradasi di alam dan berbahaya

bagi lingkungan apabila dalam konsentrasi yang sangat besar karena dapat meningkatkan nilai *chemical oxygen demand* (COD) yang dapat merusak keseimbangan ekosistem lingkungan (Riyanto, 2009).

II.4 Material Komposit

Material komposit diartikan sebagai penggabungan dua material atau lebih secara “makroskopis”. Tujuan dari penggabungan tersebut tidak hanya untuk memperoleh sifat aditif dari material pembentuknya tetapi untuk memperoleh sifat sinergisnya. Salah satu keuntungan material komposit adalah kemampuan material yang dapat diarahkan dan diatur kekuatannya pada arah tertentu yang kita kehendaki. Hal ini dinamakan “tailoring properties” dan ini adalah salah satu sifat istimewa komposit dibandingkan dengan material konvensional lainnya. Selain kuat, kaku dan ringan komposit juga memiliki ketahanan terhadap korosi yang tinggi serta memiliki ketahanan yang tinggi pula terhadap beban dinamis.

Biokomposit

Polimer adalah molekul raksasa yang biasanya memiliki bobot molekul tinggi, dibangun dari pengulangan unit-unit yang disebut monomer, polimer digolongkan menjadi 2 macam, yaitu polimer alam (serat alami yang dapat terdegradasi sebagai penguat dan polimer yang tidak dapat terdegradasi atau yang dapat terdegradasi sebagai matriks) dan polimer sintetis. Material Biokomposit terbuat dari bahan yang dapat diperbaharui sehingga pembuatannya dapat mengurangi konsumsi energi dan biaya produksi. Selain itu biokomposit juga memiliki kemampuan terdegradasi yang baik.

Blending**Tabel II.3** Teknik *Blending*

| Teknik preparasi | Deskripsi |
|-------------------------------|---|
| <i>Mechanical blends</i> | Polimer/kopolimer di campur pada suhu diatas T_g atau T_m masing-masing polimer yang bersifat amorf dan semikristalin |
| <i>Mechanochemical blends</i> | Polimer/kopolimer dicampur dengan laju geser yang cukup tinggi sehingga polimer mengalami degradasi. Radikal-radikal bebas yang terbentuk berkombinasi menghasilkan campuran kompleks yang mengandung kopolimer blok atau cangkuk |
| <i>Solution cast blends</i> | Polimer/kopolimer dicampur dengan melarutkannya ke dalam pelarut tertentu hingga homogen, kemudian pelarut dihilangkan melalui penguapan sehingga dapat membentuk film polimer |
| <i>Latex blends</i> | Dispersi-dispersi dari polimer dalam air (lateks) dicampur lalu polimer-polimer yang bercampur tersebut dikoagulasi |

Blending merupakan metode pencampuran dua jenis polimer sintesis yang bisa dilakukan melalui *melt blending* atau *solvent blending*. Secara umum, proses blending ditujukan untuk meningkatkan sifat fisik dari polimer (mekanik dan thermal). Solvent blending adalah pencampuran antar polimer dengan menggunakan pelarut (*solvent*), Yang memegang penting dalam proses ini adalah parameter solubility (kelarutan) antar polimer yang akan dicampur. Interaksi yang terjadi dalam *Blending* adalah ikatan *Van der Waals*, ikatan hidrogen atau interaksi dipol-dipol.

Paduan polimer ini bertujuan untuk mendapatkan sifat-sifat material yang diinginkan dan disesuaikan dengan keperluan. *Blending* komersial dapat dihasilkan dari polimer sintetik dengan polimer sintetik, polimer sintetik dengan polimer alam, dan polimer alam dengan polimer alam. Metoda yang umum digunakan dalam pembentukan *Blending* adalah metode pelarutan (*solution cast blends*) dan metode pelelehan (*mechanical blends*), akan tetapi untuk penelitian kali ini kami menggunakan metode pelarutan dikarenakan metode ini lebih mudah diaplikasikan dibandingkan dengan metode pelelehan (*mechanical blends*).

II.5 Adsorben

Adsorpsi merupakan suatu proses penyerapan oleh padatan tertentu terhadap zat tertentu yang terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat tanpa meresap kedalam. Proses adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan padatan yang tidak seimbang. Adanya gaya ini, padatan cenderung menarik molekul-molekul lain yang bersentuhan dengan permukaan padatan, baik fasa gas atau fasa larutan kedalam permukaannya. Akibatnya konsentrasi molekul pada permukaan menjadi lebih besar dari pada dalam fasa gas zat terlarut dalam larutan. Pada adsorpsi interaksi antara adsorben dengan adsorbat hanya terjadi pada permukaan adsorben.

Berdasarkan Interaksi molekular antara permukaan adsorben dengan adsorbat, adsorpsi dibagi menjadi 2 yaitu :

- **Adsorpsi Fisika**

Adsorpsi Fisika terjadi karena adanya gaya Van der Waals. Pada adsorpsi fisika, gaya tarik menarik antara molekul fluida dengan molekul pada permukaan padatan (Intermolekuler) lebih kecil dari pada gaya tarik menarik antar molekul fluida tersebut sehingga gaya tarik menarik antara adsorbat dengan permukaan adsorben relatif lemah pada adsorpsi fisika, adsorbat tidak terikat kuat dengan permukaan adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan ke permukaan lainnya dan pada

permukaan yang ditinggalkan oleh adsorbat tersebut dapat digantikan oleh adsorbat lainnya . Keseimbangan antara permukaan padatan dengan molekul fluida biasanya cepat tercapai dan bersifat reversibel. Adsorpsi fisika memiliki kegunaan dalam hal penentuan luas permukaan dan ukuran pori.

- **Adsorpsi Kimia**

Adsorpsi kimia terjadi karena adanya ikatan kimia yang terbentuk antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Ikatan kimia dapat berupa ikatan kovalen/ion. Ikatan yang terbentuk kuat sehingga spesi aslinya tidak dapat ditentukan. Karena kuatnya ikatan kimia yang terbentuk maka adsorbat tidak mudah terdesorpsi. Adsorpsi kimia diawali dengan adsorpsi fisik dimana adsorbat mendekat kepermukaan adsorben melalui gaya Van der Waals Ikatan Hidrogen kemudian melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia yang biasa merupakan ikatan kovalen.

Adsorpsi terjadi karena adanya gaya tarik menarik antar molekul adsorbat dengan situs aktif di permukaan adsorben. Zat yang mengadsorpsi disebut adsorbat, sedangkan material tempat terakumulasinya adsorbat disebut adsorben. Adsorpsi dipengaruhi oleh sifat fisika dan kimia adsorben seperti ukuran molekul adsorbat, karakteristik adsorbat, waktu pengadukan, konsentrasi adsorbat, suhu, pH dan luas permukaan adsorben. Semakin luas permukaan adsorben maka semakin banyak adsorbat yang teradsorpsi. Dalam hal ini ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya serap adsorpsi, yaitu :

- **Sifat Serapan**

Banyak senyawa yang dapat diadsorpsi oleh adsorben tergantung dari kemampuan masing-masing senyawa. Adsorpsi akan bertambah besar sesuai dengan bertambahnya ukuran molekul serapan dari struktur yang sama, seperti dalam deret homolog. Adsorpsi juga

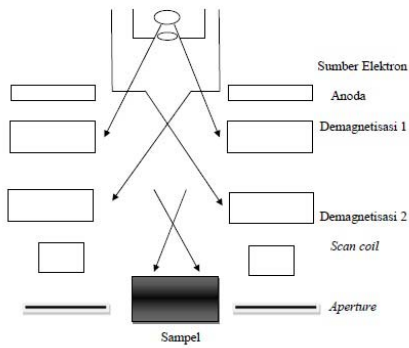
dipengaruhi oleh gugus fungsi, posisi gugus fungsi, ikatan rangkap, dan struktur rantai dari senyawa serapan.

- **Temperatur**
Faktor yang mempengaruhi temperature proses adsorpsi adalah viskositas dan stabilitas senyawa serapan. Jika pemanasan tidak mempengaruhi sifat-sifat senyawa serapan, seperti terjadi perubahan warna maupun dekomposisi, maka perlakuan dilakukan pada titik didihnya. Untuk senyawa volatile, adsorpsi dilakukan pada temperature kamar atau bila memungkinkan pada temperature rendah.
- **pH (Derajat Keasaman)**
Untuk asam-asam organik adsorpsi akan meningkat bila pH diturunkan, yaitu dengan penambahan asam-asam mineral. Ini disebabkan karena kemampuan asam mineral untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut. Sebaliknya apabila pH asam organik dinaikkan dengan penambahn alkali, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam.

II.6 Analisa yang Dilakukan

- **Analisa SEM**

SEM adalah suatu instrumen penghasil berkas elektron pada permukaan specimen target dan mengumpulkan serta menampilkan sinyal-sinyal yang diberikan oleh material target. Pada prinsipnya SEM terdiri dari kolom elektron, ruang sampel, dan sistem vakum. Dalam hal analisis morfologi kopolimer penggunaan alat SEM berkembang luas. Prinsip analisis menggunakan SEM adalah dengan sinyal electron sekunder dapat dilihat pada skema gambar di bawah ini :



Gambar II.6 Skema Peralatan Analisa SEM

Teknik SEM pada dasarnya merupakan pemeriksaan dan analisis permukaan. Data yang diperoleh merupakan data dari permukaan atau lapisan yang tebalnya sekitar 20 μm dari permukaan. Gambar permukaan yang diperoleh merupakan topografi dengan segala tonjolan, lekukan dan lubang pada permukaan. Gambar topografi diperoleh dengan penangkap elektron sekunder yang dipancarkan oleh spesimen. Sampel yang akan dianalisis dengan menggunakan teknik ini harus mempunyai permukaan dengan konduktivitas yang tinggi, karena polimer mempunyai konduktivitas yang rendah maka bahan perlu dilapisi dengan bahan konduktor (bahan pengantar) yang tipis. Bahan yang biasa digunakan adalah perak, tetapi jika dianalisis dalam waktu yang lama lebih baik menggunakan emas atau campuran emas dan palladium. Berkas elektron diarahkan pada suatu permukaan spesimen yang telah dilapisi oleh suatu film konduktor. Pelapisan ini bertujuan agar polimer yang digunakan dapat menghantarkan arus listrik sehingga dapat berinteraksi dengan berkas elektron. Berkas elektron yang berinteraksi dengan spesimen dikumpulkan untuk mengetahui intensitas elektron pada suatu tabung televisi yang diarahkan serentak dengan sinar dari mikroskop. Interaksi berkas elektron dengan spesimen akan

menghasilkan pola difraksi elektron yang dapat memberikan informasi mengenai kristalografi, jenis unsur serta distribusinya dan morfologi dari permukaan bahan (Wu *et al*, 2007).

- **Analisa TGA**



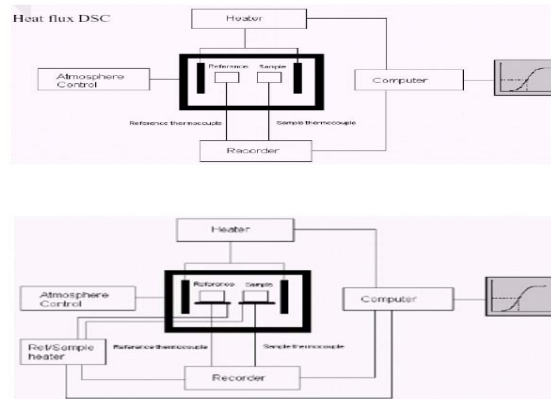
Gambar II.7 Skema Peralatan Analisa TGA

Analisis termogravimetri atau analisis gravimetri termal (TGA) adalah metode analisis termal di mana perubahan dalam sifat fisik dan kimia dari bahan yang diukur sebagai fungsi dari meningkatnya suhu (dengan laju pemanasan konstan), atau sebagai fungsi waktu (dengan suhu konstan dan / atau kehilangan massa konstan). TGA dapat memberikan informasi tentang fenomena fisik, seperti orde kedua fase transisi , termasuk penguapan , sublimasi , penyerapan , adsorpsi , dan desorpsi . Demikian juga, TGA dapat memberikan informasi tentang fenomena kimia termasuk chemisorptions , desolvation (terutama dehidrasi), dekomposisi , dan reaksi padat-gas (misalnya, oksidasi atau reduksi). TGA biasanya digunakan untuk menentukan karakteristik yang dipilih dari bahan yang menunjukkan baik kehilangan massa atau keuntungan karena dekomposisi, oksidasi, atau kehilangan volatil (seperti kelembaban). Aplikasi umum dari TGA adalah :

1. karakterisasi bahan melalui analisis pola dekomposisi karakteristik,
2. studi mekanisme degradasi dan kinetika reaksi,

3. penentuan kadar organik dalam sampel, dan
4. penentuan anorganik (misalnya ash) konten dalam sampel, yang mungkin berguna untuk menguatkan struktur materi diprediksi atau hanya digunakan sebagai analisis kimia.

- **Analisa DSC (Diffrential Calorimetry)**



Gambar II.8 Skema Sistem Kerja DSC

Menurut Jandali dan Widmann (1995), analisa sifat termal merupakan suatu teknik untuk mengetahui karakteristik suatu bahan berdasarkan fungsi suhu dan waktu. Pada teknik ini, sampel dipanaskan atau didinginkan pada laju konstan. Salah satu teknik analisis sifat termal adalah DSC (Diffrential Calorimetry). DSC mengukur sejumlah energi (panas) yang diserap atau dilepaskan oleh suatu sampel ketika dipanaskan, didinginkan atau didiamkan pada suhu konstan. DSC juga mengukur suhu sampel pada kondisi tersebut. Prinsip kerja menggunakan metode ini adalah pengukuran aliran panas berdasarkan kompensasi tenaga (Rabek 1983). Jandali dan Widmann (1995) menambahkan bahwa pada saat energy ditransmisikan akan terjadi perubahan entalpi pada sampel. Ketika sampel menyerap energi maka entalpi akan berubah dan prosesnya disebut endoterm, sedangkan ketika sampel

melepas energi prosesnya disebut eksoterm. Perubahan entalpi maupun suhu yang terjadi pada sampel selalu dimonitor oleh sensor yang terpasang pada DSC sehingga dapat memberikan informasi tentang suhu transisi kaca (transition glass temperature, T_g) dan suhu pelelehan (melting temperature, T_m).

• Analisa Spektrofotometer UV-VIS

Spektrofotometri UV-Vis adalah pengukuran panjang gelombang dan intensitas sinar ultraviolet dan cahaya tampak yang diabsorpsi oleh sampel. Sinar ultraviolet dan cahaya tampak memiliki energi yang cukup untuk mempromosikan elektron pada kulit terluar ke tingkat energi yang lebih tinggi. Spektroskopi UV-Vis biasanya digunakan untuk molekul dan ion anorganik atau kompleks di dalam larutan. Spektrum UV-Vis mempunyai bentuk yang lebar dan hanya sedikit informasi tentang struktur yang bisa didapatkan dari spektrum ini sangat berguna untuk pengukuran secara kuantitatif. Sinar ultraviolet berada pada panjang gelombang 200-400 nm, sedangkan sinar tampak berada pada panjang gelombang 400-800 nm. Panjang gelombang (λ) adalah jarak antara satu lembah dan satu puncak, sedangkan frekuensi adalah kecepatan cahaya dibagi dengan panjang gelombang (λ). Bilangan gelombang adalah (ν) adalah satu satuan per panjang gelombang. (Dachriyanus, 2004).

II.7 Studi Hasil Penelitian Sebelumnya

Tabel II.4 Studi Hasil Penelitian Sebelumnya

| Judul | Nama Peneliti | Material, Variabel, dan Hasil Penelitian |
|--|---|---|
| Cellulose Cellets as New Type of Adsorbent for The Removal of Dyes | Daniela Suteu, Gabriela Biliuta, Lacramioara Rusu, Sergiu Coseri, | <ul style="list-style-type: none"> • Material : Microcrystalin Cellulose, Larutan metilen biru • Variabel : Pengaruh <i>cellulose bead</i> terhadap sifat struktural dan daya |

| | | |
|--|---|--|
| Aqueous Media | Gabriela Nacu. (2015) | <p>serap sebagai adsorbent untuk menghilangkan zat warna reaktif brilliant red HE-3B dan pewarna kationik larutan metilen biru, Pengaruh pH larutan bergantung pada muatan permukaan pada <i>cellulose beads</i> sebagai adsorbent</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hasil Penelitian : <ul style="list-style-type: none"> ~struktur cellulose beads dari spheroids ukuran kecil dengan kisaran 200-350 μm untuk cellets 200 dan kisaran 350-500 μm untuk cellets 350 ~Permukaan <i>cellulose bead</i> positif mampu mengikat zat warna anionik yaitu brilliant red HE-3B, tetapi ketika permukaan <i>cellulose bead</i> negatif tidak mampu mengikat zat warna anionik melainkan mampu mengikat zat warna kationik yaitu metilen biru. |
| Properties and Application Cellulose Acetate | Steffen Fischer, Katrin Thu"mmmler,Bert Volkert,Kay | <ul style="list-style-type: none"> • Material : Selulosa Asetat, etil asetat, metanol, etanol, metil selulose, Triton X-100, |

| | | |
|---|---|--|
| | Hettrich, Ingeborg Schmidt, Klaus Fischer.(2008) | <p>Sodium Asetat Trihidrat, Sodium Hidroksid</p> <ul style="list-style-type: none"> • Variabel : Kecepatan putar pengadukan • Hasil Penelitian : Besar kecilnya ukuran partikel cellulose bead dipengaruhi oleh tinggi rendahnya dari kecepatan putar saat dispersi. Semakin tinggi kecepatan putar maka ukuran partikel cari cellulose bead semakin kecil. |
| Sintesa dan Karakterisasi Biokomposit <i>Poly(L-Lactid Acid)/Cellulose Acetate Bead</i> sebagai <i>Biodegradable Adsorben</i> | Eko Vindy Utami dan Nugrahaning dwi Prastiwi (2016) | <ul style="list-style-type: none"> • Material : Selulosa Asetat dan Poly (L-Lactic Acid) • Variable : <ul style="list-style-type: none"> ~ Variabel Tetap : Konsentrasi larutan campuran film 5%, Konsentrasi larutan campuran <i>Beads</i> 10%, pH larutan metilen biru yaitu pH asam (2) dan basa (10) ~ Variabel Berubah : Perbandingan berat <i>CA/PLLA</i> : (a) 100/0 ; (b) 75/25 ; (c) 50/50 ; (d) 25/75 ; (e) 0/100 |

| | | |
|--|--|---|
| | | <ul style="list-style-type: none"> Hasil penelitian : Pengaruh perubahan perbandingan berat CA/PLLA Film yaitu, semakin banyak CA yang ditambahkan nilai tensile strength dan elongation at break semakin menurun, tetapi nilai modulus young semakin meningkat, dan semakin tinggi suhu yang diperlukan untuk terdegradasi. Sedangkan untuk properties CA/PLLA Beads semakin banyak kandungan <i>Cellulose Acetate</i> pada <i>beads</i> maka akan didapatkan permukaan <i>beads</i> yang semakin berpori dengan luas permukaan yang semakin besar juga, sedangkan untuk kinerja proses adsorpsi semakin meningkat dengan penambahan material PLLA dalam CA/PLLA Beads. Nilai % Removal pada pH netral lebih besar dibandingkan % removal pada pH basa dan pH asam. |
|--|--|---|

BAB III

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini untuk membuat *CA/PLLA Beads*, dimulai dari PLLA dicampur dengan pelarut kloroform dan diaduk pada kecepatan 200 rpm dan suhu 50 °C selama 2,5 jam. CA dicampur dengan pelarut aseton dan DMSO dengan perbandingan 60%:40% diaduk pada kecepatan 200 rpm dan suhu 50 °C selama 2,5 jam. Setelah PLLA larut, ditambahkan larutan CA yang kemudian dipanaskan dan diaduk pada suhu 50 °C selama 24 jam menggunakan hotplate hingga menjadi larutan homogen. Setelah terbentuk larutan homogen *CA/PLLA*, larutan dimasukkan kedalam suntikan. Larutan homogen *CA/PLLA* disuntikkan ke dalam bath koagulasi pada suhu ruang, dimana jarak antara ujung suntikan dengan bath koagulasi dipertahankan pada 2 cm untuk mendapatkan ukuran beads yang seragam. Kemudian *CA/PLLA beads* yang telah terbentuk direndam dalam larutan NaOH 0.5 N sehari semalam untuk menghilangkan kandungan *acetate*. Selanjutnya *CA/PLLA beads* dicuci beberapakali dengan menggunakan *aquadest* hingga didapatkan pH netral. Kemudian dikeringkan *CA/PLLA beads* dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 45°C selama 16 jam. Sedangkan untuk uji yang harus dilakukan, yaitu uji *thermal stability CA/PLLA Beads* dengan menggunakan TGA, uji *thermal properties CA/PLLA Beads* dengan menggunakan DSC, uji SEM untuk mengetahui *morphology CA/PLLA Beads* dan terakhir adalah uji kinerja adsorpsi dengan spektrofotometri UV-VIS.

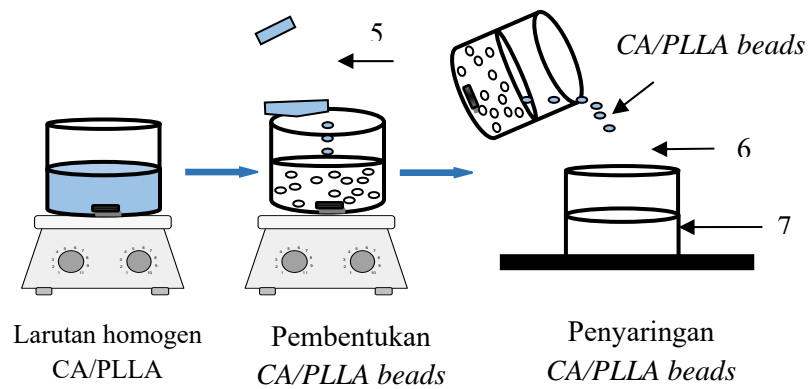
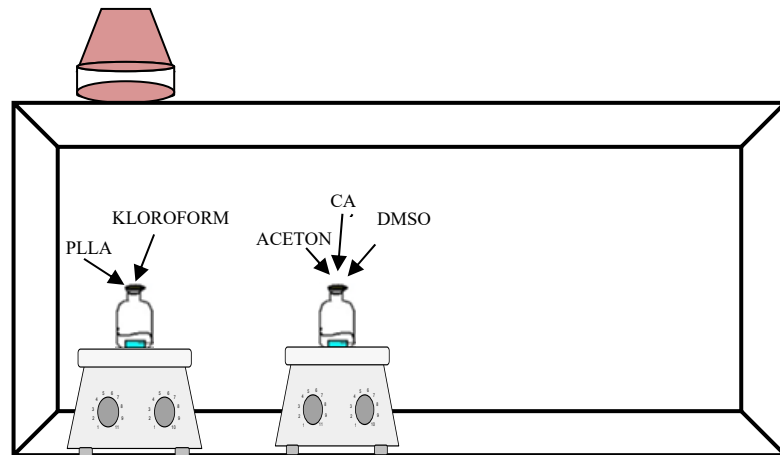
III.1. Bahan Yang Digunakan

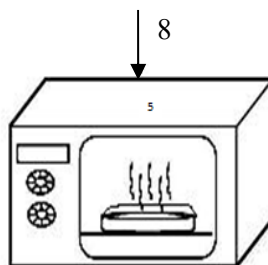
Bahan-bahan yang digunakan antara lain :

1. *PLLA (Poly L-Lactic Acid)* Mn 11,000 g mol⁻¹ dengan PDI 1.10 dari *NatureWorks*
2. Selulosa Asetat Mn 30,000 g mol⁻¹ dengan purity ≤3.0% air dari *Sigma Aldrich*

3. Kloroform
4. Aseton
5. *NaOH* 0,5 N
6. *DMSO* (*Dimethyl Sufoxide*)
7. *Aquadest*
8. *Methylene Blue*

III.2. Peralatan Penelitian Pembentukan CA/PLLA Beads





Gambar III.1 Skema Proses Pembentukan *CA/PLLA Beads*

Keterangan :

1. Ruang Asam
2. Hotplate
3. Stirrer
4. Botol Kaca
5. Suntikan
6. Corong
7. Beaker glass
8. Oven

III.3 Prosedur Penelitian

Pembentukan dan pengamatan *CA/PLLA Beads*

1. PLLA dicampur dengan pelarut kloroform dan diaduk pada kecepatan 200 rpm dan suhu 50 °C selama 2,5 jam.
2. CA dicampur dengan pelarut aseton dan DMSO dengan perbandingan 60% : 40%, diaduk pada kecepatan 200 rpm dan suhu 50 °C selama 2,5 jam.
3. Setelah PLLA larut, ditambahkan larutan CA yang kemudian dipanaskan dan diaduk pada suhu 50 °C selama 24 jam menggunakan hotplate hingga menjadi larutan homogen.
4. Setelah terbentuk larutan homogen *CA/PLLA*, larutan dimasukkan kedalam suntikan.
5. Larutan homogen *CA/PLLA* disuntikkan ke dalam bath koagulasi pada suhu ruang, dimana jarak antara ujung suntikan dengan bath koagulasi dipertahankan pada 2 cm untuk mendapatkan ukuran beads yang seragam.

6. Kemudian *CA/PLLA beads* yang telah terbentuk direndam dalam larutan NaOH 0.5 N sehari semalam untuk menghilangkan kandungan *acetate*.
7. Selanjutnya *CA/PLLA beads* dicuci beberapakali dengan menggunakan *aquadest* hingga didapatkan pH netral. Kemudian dikeringkan
8. *CA/PLLA beads* dikeringkan menggunakan oven pada suhu 45°C selama 16 jam.
9. Pengamatan *Methylene Blue* yang diadsorpsi oleh *Beads* selama 36 jam dengan rentang waktu pengamatan 6 jam
10. Lakukan langkah 1-9 untuk setiap variable penelitian.

III.4 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah :

- Variabel tetap proses adsorpsi menggunakan suhu ruang untuk adsorpsi, dan dosis *beads* untuk adsorpsi selama pengamatan.
- Variabel berubah : Konsentrasi larutan campuran polimer 10% wt dan 15% wt, perbandingan berat *CA/PLLA*: (a) 100/0 ; (b) 90/10 ; (c) 80/20 ; (d) 70/30 ; (e) 60/40 dengan waktu pengamatan larutan *Methylene Blue* yang diadsorpsi oleh *Beads* selama 36 jam dengan rentang waktu pengamatan setiap 4 jam.

III.5 Karakterisasi Hasil Penelitian

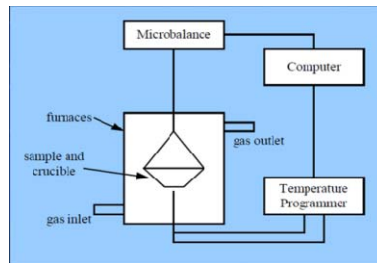
Analisa yang dilakukan terhadap hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

- **Uji Stabilitas Suhu (TGA)**

Pengukuran digunakan untuk menentukan komposisi material dan memprediksi stabilitas termalnya pada temperatur mencapai 1000°C. Teknik ini dapat mengkarakterisasi material yang menunjukkan kehilangan atau penambahan berat akibat dekomposisi, oksidasi, atau dehidrasi. Teknik ini sesuai untuk berbagai macam material padat termasuk material organik

maupun inorganik. Langkah persiapan sampel untuk TGA adalah sebagai berikut:

1. Sampel ditimbang sekitar 5 mg dimasukkan *sample pan* yang didukung oleh sebuah *precision balance*.
2. Dipanaskan dari suhu 30°C sampai 800°C dengan laju pemanasan 10°C/min.
3. *Pan* tersebut ditempatkan dalam suatu *furnace* dan dipanaskan selama eksperimen. Massa dari sampel dipantau selama eksperimen. Sampel dialiri oleh suatu gas untuk mengontrol lingkungan sampelnya. Gas yang digunakan dapat berupa gas inert atau gas reaktif yang mengalir melalui sampel dan keluar melalui *exhaust*.



Gambar III.2 Skematis Sistem Kerja TGA

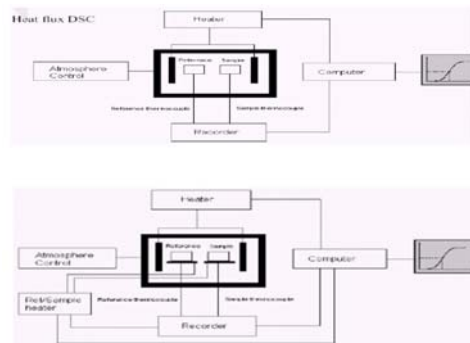
- **Uji *Thermal Properties beads* (DSC)**

DSC digunakan secara luas untuk menguji polimer guna memeriksa komposisinya. Titik leleh dan temperatur transisi *beads* untuk banyak polimer tersedia dari kompilasi standar, dan metode yang dapat menunjukkan degradasi polimer dimungkinkan oleh penurunan titik leleh (T_m). T_m tergantung pada berat molekul polimer, sehingga nilai yang lebih rendah akan memiliki titik lebur yang lebih rendah dari yang diharapkan.

Langkah persiapan sampel masuk kedalam alat DSC adalah sebagai berikut:

1. Satu pan diisi dengan sampel uji
2. Sedangkan pan yang lain diisi dengan material referensi (kedua pan berada diatas heater)

3. Kemudian dengan memberikan perintah melalui komputer, heater akan dinyalakan dan sekaligus menentukan specific heat yang diinginkan
4. Melalui pemograman komputer, kecepatan panas akan dikendalikan yang tentu saja panas yang ada dideteksi dengan sensor temperatur yang kemudian sinyalnya diterima oleh komputer
5. *Thermal treatment:*
 - Sampel uji dipanaskan dari 30°C sampai 20°C diatas T_m beads yang paling tinggi (T_{max}) dengan kecepatan pemanasan $10^{\circ}\text{C}/\text{menit}$, pemanasan dilakukan selama 10 menit.
 - *Quench* ke suhu dibawah T_g beads yang paling rendah dengan kecepatan pendinginan $320^{\circ}\text{C}/\text{menit}$, dilakukan selama 10 menit.
 - Dipanaskan kembali ke suhu T_{max} dengan kecepatan pemanasan $20^{\circ}\text{C}/\text{menit}$
6. Komputer akan memberi perintah pada *heater* untuk mempertahankan *specific heat* nya
7. Selanjutnya akan di tampilkan data di computer dalam bentuk grafik

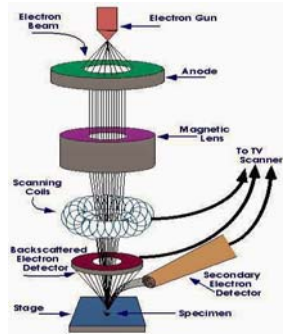


Gambar III.3 Skematis Sistem Kerja DSC

- **Uji morfologi bead (SEM)**

SEM digunakan untuk mengetahui morfologi senyawa padatan dan komposisi unsur yang terdapat dalam suatu senyawa. Prinsip SEM yaitu menggambarkan permukaan sampel melalui proses scan dengan menggunakan pancaran energi yang tinggi dari elektron dalam suatu pola scan raster. Electron berinteraksi dengan atom – atom yang membuat sampel menghasilkan sinyal yang memberikan informasi mengenai permukaan topografi sampel, komposisi dan sifat – sifat lainnya seperti konduktivitas listrik. Langkah persiapan sampel untuk SEM adalah sebagai berikut:

1. Sampel diletakkan di atas specimen holder dimasukkan kedalam specimen chamber
2. Sampel dianalisis dengan menggunakan analisis area
3. Sinar electron yang dihasilkan dari area gun dialirkan hingga mengenai sampel
4. Aliran sinar electron selanjutnya di fokuskan menggunakan *electron optic columb* sebelum sinar electron tersebut membentuk atau mengenai sampel
5. Setelah sinar mengenai sampel, akan terjadi interaksi-interaksi pada sampel yang disinari.
6. Selanjutnya akan dideteksi dan diubah ke dalam sebuah gambar oleh analisis SEM



Gambar III.4 Skematis Sistem Kerja SEM

- **Uji Adsorpsi Bead (Spektrofotometri UV-VIS)**

Proses adsorpsi dilakukan dengan cara :

1. Merendam *CA/PLLA Beads* sebanyak 0,5 gram ke dalam 100 mL larutan *Methylene Blue* dengan konsentrasi 5%.
2. Perendaman *CA/PLLA Beads* dilakukan dengan pengadukan selama 36 jam dengan waktu pengamatan setiap 4 jam, pH dari larutan *Methylene Blue* dijaga netral.
3. Selanjutnya, larutan *Methylene Blue* setelah proses adsorpsi, dianalisa dengan metode Spektrofotometri UV/VIS untuk menganalisa konsentrasi *Methylene Blue* yang tersisa. Sehingga dapat dihitung konsentrasi *Methylene Blue* yang terserap.
4. Menghitung q (*Adsorpsi Capacities*) dan $\% R$ ($\% removal$)

$$q = \frac{(C - C_0) \times V}{G}$$

$$\% R = \frac{(C - C_0) \times 100}{C_0}$$

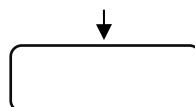
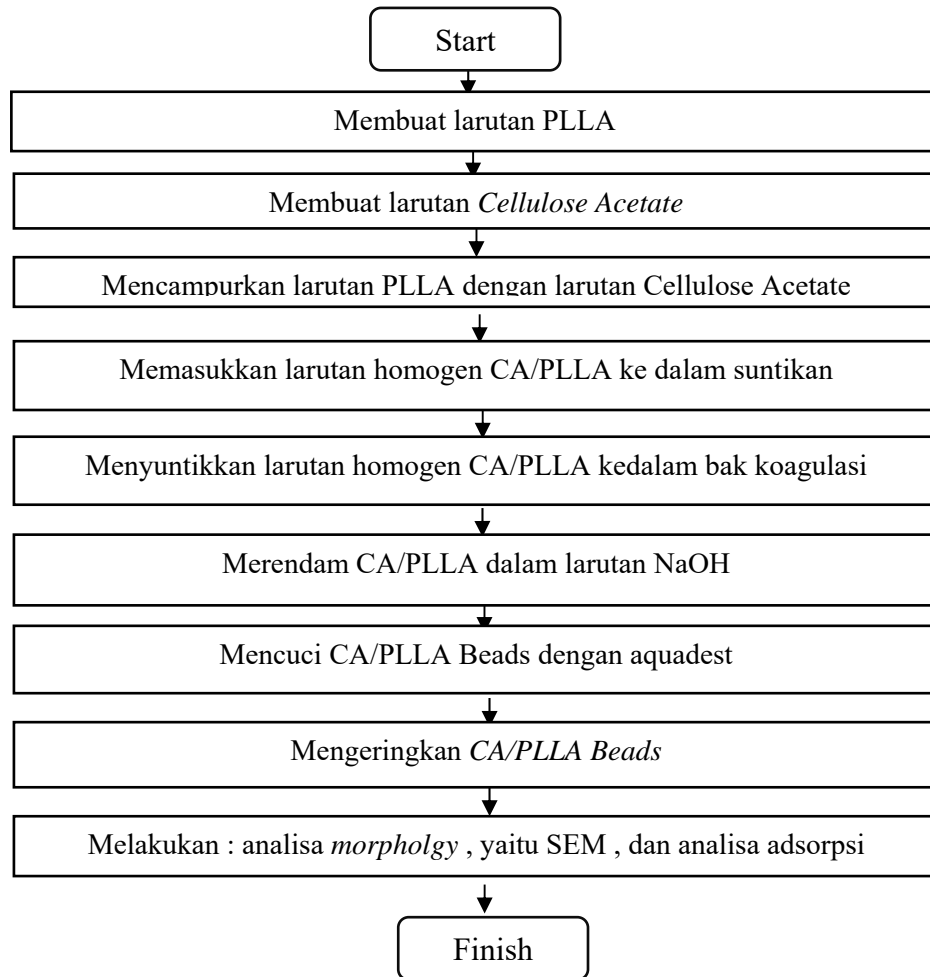
Dimana :

C = Konsentrasi akhir zat warna dalam larutan (mg/L)

C_o = Konsentrasi awal zat warna dalam larutan (mg/L)
 G = Berat *CA/PLLA beads* (g)
 V = Volume larutan (L)

III.6 Blok Diagram Penelitian

Pembentukan dan pengamatan *CA/PLLA Beads*



Halaman ini sengaja dikosongkan

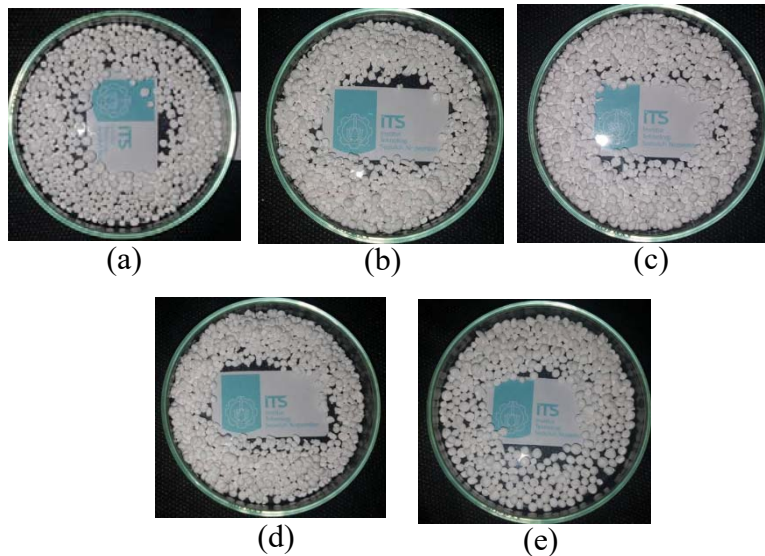
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

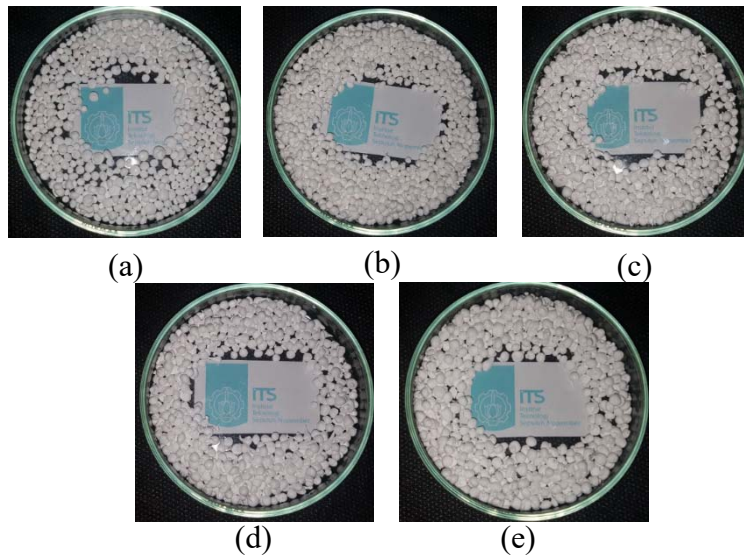
Cellulose Acetate (CA) merupakan turunan natural polimer selulosa yang mempunyai banyak kelebihan diantaranya mempunyai stabilitas yang baik terhadap suhu dan biokompatibilitas yang baik, sehingga CA dapat diaplikasikan dalam bidang biomedik dan lingkungan. Sedangkan *Poly (L-Lactid Acid) (PLLA)* merupakan biodegradable polimer yang mempunyai sifat mekanik yang bagus namun masih mempunyai kekurangan yang dapat membatasi penggunaannya, misalnya dalam bidang biomedik, lingkungan, dan tekstil. Dengan mempertimbangkan kelebihan masing-masing komponen, pencampuran antara *PLLA* dan *CA* diharapkan dapat membentuk biokomposit yang mempunyai sifat unggul dan kinerja yang baik pada pengaplikasiannya. Pada penelitian ini, biokomposit material *CA/PLLA* akan diteliti properti dan performanya sebagai adsorben dalam bentuk bead, dimana metilen biru akan digunakan sebagai bahan yang diserap (adsorbat). Metode penelitian yang akan digunakan dalam penelitian adalah tahap pembuatan *CA/PLLA Beads*, dimulai dari *CA* dilarutkan dalam aseton dan DMSO, sedangkan *PLLA* dilarutkan dalam kloroform yang kemudian keduanya dicampur dan diaduk hingga menjadi larutan homogeny. Setelah terbentuk larutan homogen *CA/PLLA*, larutan disuntikkan kedalam bath koagulasi untuk membentuk *beads* yang kemudian direndam dalam larutan NaOH setelah itu itu dioven pada suhu 45°C selama 16 jam. Sedangkan untuk uji yang harus dilakukan, yaitu uji *thermal stability CA/PLLA beads* dengan menggunakan TGA, uji *thermal properties* menggunakan DSC dan *CA/PLLA Beads morphology* dengan SEM dan terakhir adalah uji adsorpsi dimana *Methylene Blue* digunakan sebagai bahan yang diserap (adsorbat) yang konsentrasinya diukur dengan spektrofotometri UV-VIS.

IV.1 Bentuk Fisik *BEADS*

Pada penelitian ini didapatkan bahwa campuran antara CA dan PLLA dengan konsentrasi larutan 10% wt dan 15% wt membentuk *beads* yang berwarna putih dan bentuk fisik bulat, pada konsentrasi larutan 10% beads cenderung berbentuk bulat sempurna atau agak pipih,, hal ini disebabkan karena perubahan bentuk yang dihasilkan saat larutan CA/PLLA memasuki *bath* koagulasi (aquadest) yang memiliki tekanan permukaan (M. Gericke et al 2010). Sedangkan pada konsentrasi larutan 15% wt berbentuk bulat dengan sedikit ekor di ujungnya. Hal ini dikarenakan konsentrasi larutan yang lebih pekat menyebabkan campuran CA/PLLA menempel pada ujung suntikan sehingga menghasilkan ekor pada beads yang dihasilkan.



Gambar 4.1 Foto beads konsentrasi larutan 10% wt (CA/PLLA)
 (a) 100/0 , (b) 90/10, (c) 80/20, (d) 70/30, (e) 60/40



Gambar 4.2 Foto beads konsentrasi larutan 15% wt (CA/PLLA)
(a) 100/0 , **(b)** 90/10, **(c)** 80/20, **(d)** 70/30, **(e)** 60/40

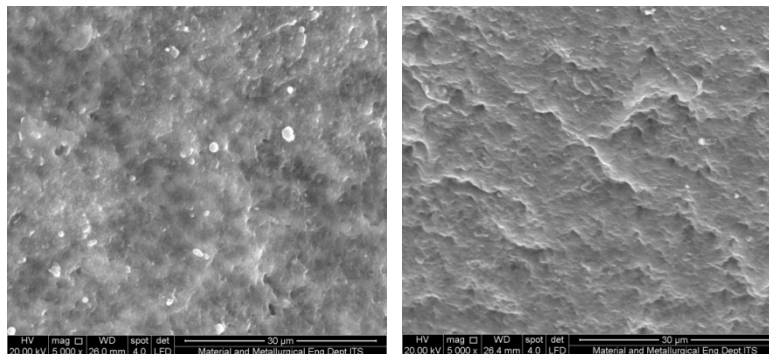
Tabel 4.1 Diameter CA/PLLA *Beads* yang dihasilkan

| Variable | Diameter (cm) | |
|----------|---------------|------|
| | 10% | 15% |
| 100/0 | 0,34 | 0,36 |
| 90/10 | 0,27 | 0,31 |
| 80/20 | 0,29 | 0,27 |
| 70/30 | 0,29 | 0,37 |
| 60/40 | 0,26 | 0,32 |

Dari table 4.1 dapat diketahui bahwa semakin banyak PLLA yang ditambahkan maka akan menghasilkan menghasilkan diameter beads yang semakin kecil, namun terjadi kenaikan pada variabel larutan 10% wt CA/PLLA 80/20 dan 70/30 serta variabel 15% wt CA/PLLA 70/30 hal ini disebabkan karena kurang stabilnya jarak *droplet* sehingga akan menyebabkan perubahan diameter beads yang dihasilkan. Pada umumnya diameter *beads* yang dihasilkan pada metode ini adalah 0.5-0,3 mm, adapun yang mempengaruhi perbedaan ukuran *beads* yang dihasilkan adalah jarak *droplet* yang digunakan sehingga akan menyebabkan perbedaan tekanan mekanik saat menabrak tekanan permukaan dari *bath* koagulasi. Dan apabila kestabilan dari suntikan yang digunakan akan menyebabkan bentuk *beads* yang dihasilkan cenderung tidak bulat. Selain itu untuk menghasilkan *beads* yang berbentuk bulat maka *droplet* yang dijatuhkan seperti “air mata” (tetesan air) saat memasuki *bath* koagulasi. Optimalisasi kecepatan penyemburan, jarak jatuh, dan viskositas larutan sangat berpengaruh pada metode pembentukan *beads* dengan menggunakan suntikan (M. Gericke et al 2010).

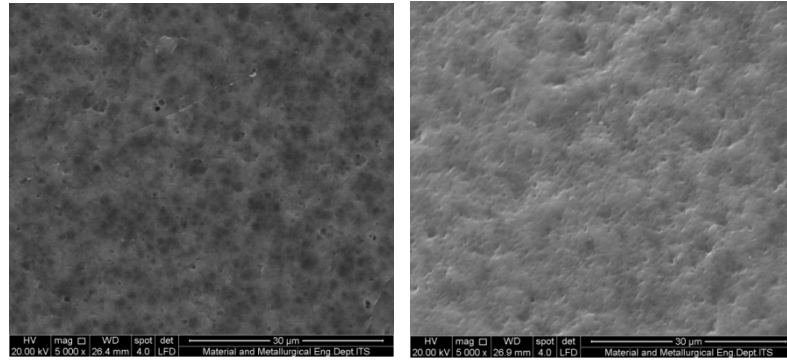
IV.2 Hasil Penambahan PLLA pada Morfologi BEADS

SEM (Scanning Electro Microscopy) adalah analisa yang bertujuan untuk mengetahui morfologi *CA/PLLA Beads*.



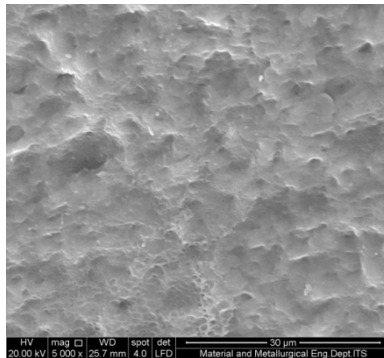
(a)

(b)



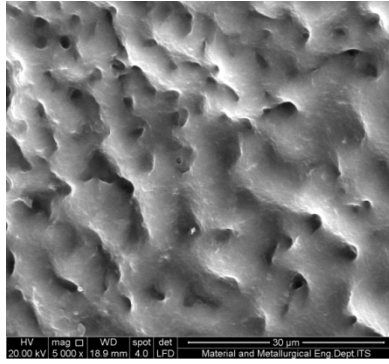
(c)

(d)

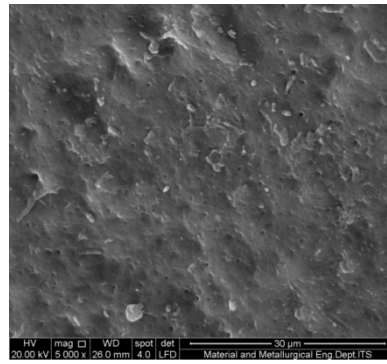


(e)

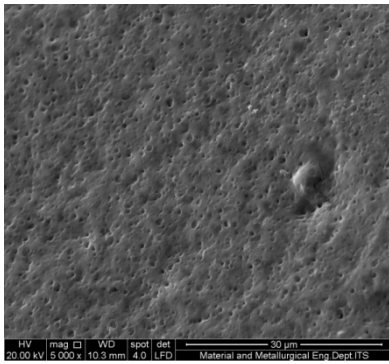
Gambar 4.3 Hasil analisa SEM permukaan *CA/ PLLA beads 10 % wt* perbesaran 5000x variabel **(a)** 100/0 , **(b)** 90/10, **(c)** 80/20, **(d)** 70/30, **(e)** 60/40



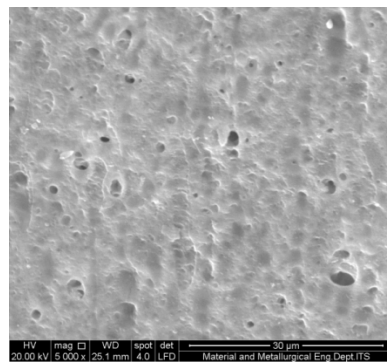
(a)



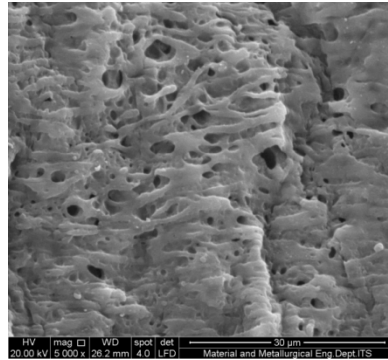
(b)



(c)



(d)



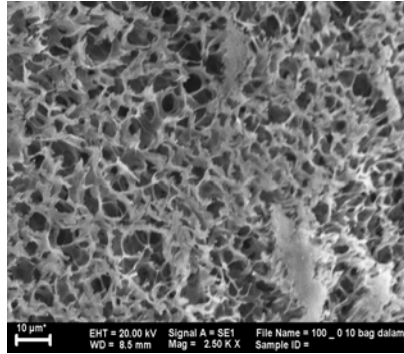
(e)

Gambar 4.4 Hasil analisa SEM permukaan *CA/ PLLA beads 15 % wt* perbesaran 2500x variabel **(a)** 100/0 , **(b)** 90/10, **(c)** 80/20, **(d)** 70/30, **(e)** 60/40

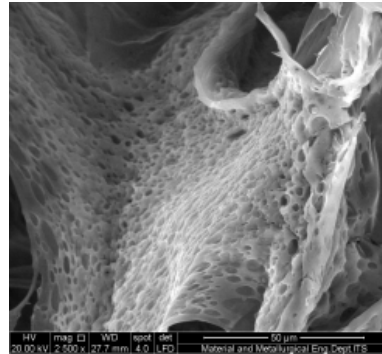
Pori-pori pada *Beads* terbentuk pada saat campuran larutan CA dan PLLA memasuki *bath* koagulasi (air) dimana pelarut yang digunakan (aseton ,DMSO, dan kloroform) akan teruapkan digantikan oleh air sehingga terbentuk pori-pori pada *beads*. Pada saat campuran larutan CA dan PLLA memasuki *bath* koagulasi maka akan terkoagulasi dan terbentuk pori-pori (George T Tsao,1976)

Sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa *Celullose Acetate* memiliki permukaan yang berpori di seluruh permukaanya dengan bentuk yang *bead* yang menyerupai bulat (Katrin et al. 2010) . Pada gambar diatas terlihat bahwa pada permukaan *CA/ PLLA beads 10 % wt* (a) CA murni, terlihat memiliki ukuran pori-pori yang lebih besar dari pada variable dengan penambahan PLLA. Pada variabel (b) 90/10,(c) 80/20,(d) 70/30,(e) 60/40 pembesaran 2500x terlihat semakin banyak PLLA yang ditambahkan kedalam *Beads* maka permukaan pori nya akan

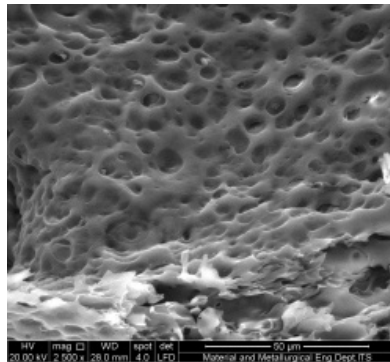
semakin mengecil, serta persebaran pori nya cukup merata. Sedangkan pada permukaan *CA/ PLLA beads 15 % wt* (a) CA murni, dan variabel (b) 90/10,(c) 80/20,(d) 70/30,(e) 60/40 pembesaran 2500x terlihat bahwa pola yang terlihat sama seperti *CA/ PLLA beads 10 % wt*. Perbedaannya adalah permukaan pori yang terlihat lebih kecil.



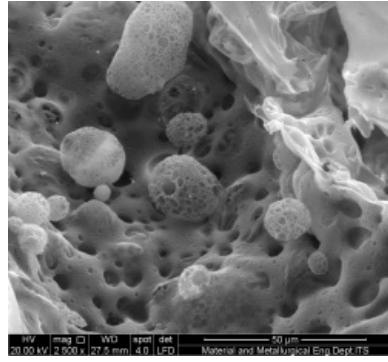
(a)



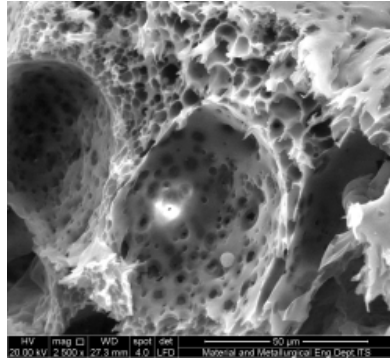
(b)



(c)

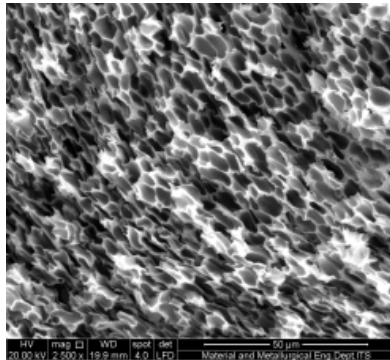


(d)

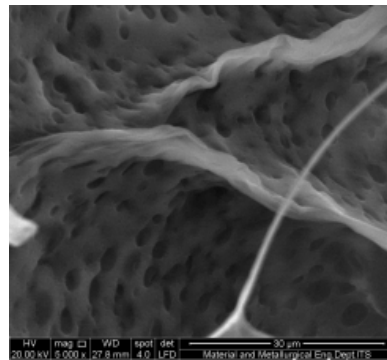


(e)

Gambar 4.5 Hasil analisa SEM bagian (d) dalam *CA/ PLLA beads* 10 % wt perbesaran 2500x variabel (a) 100/0, (b) 90/10, (c) 80/20, (d) 70/30, (e) 60/40

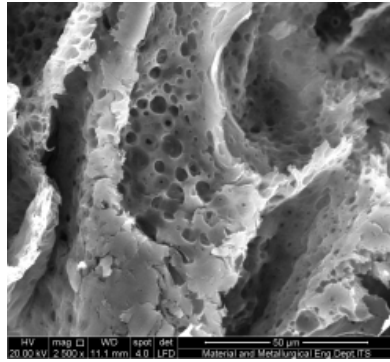


(a)

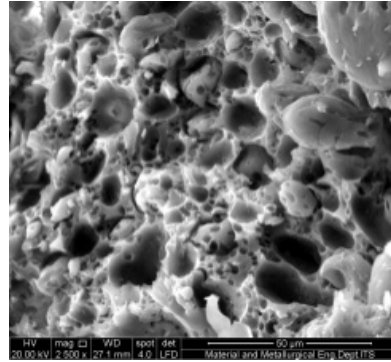


(b)

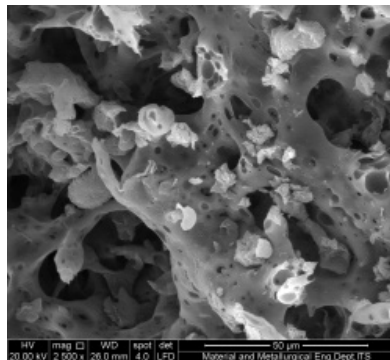
(c)



(c)



(d)



(e)

Gambar 4.6 Hasil analisa SEM bagian dalam *CA/ PLLA beads* 15 % wt perbesaran 2500x variabel **(a)** 100/0 , **(b)** 90/10, **(c)** 80/20, **(d)** 70/30, **(e)** 60/40

Gambar (a) merupakan CA murni, (b) merupakan biokomposit CA/PLLA dengan perbandingan 90/10, (c) merupakan biokomposit CA/PLLA dengan perbandingan 80/20, (d) merupakan biokomposit CA/PLLA dengan perbandingan 70/30, dan (e) merupakan biokomposit CA/PLLA dengan

perbandingan 60/40. Hasil analisa SEM yang kami dapatkan pada pembesaran 2500x pada dalam CA/PLLA *Beads* terlihat bahwa bahwa CA murni (100/0) terlihat adanya lubang-lubang (poros) pada bagian patahan *Beads*, hal ini sesuai dengan sifat dari CA itu sendiri yaitu merupakan polimer *biodegradable* yang mempunyai porosifitas tinggi. Dan pada CA/PLLA (90/10, 80/20, 70/30, 60/40) campuran cenderung saling mengisi antar matriks. Namun tidak semua matriks campuran dapat saling mengisi satu sama lain, hal ini dapat dilihat pada gambar (b), (c), (d) dan (e) terutama pada variabel konsentrasi larutan 15% wt terlihat rongga-rongga didalam *beads* diisi oleh PLLA dengan ukuran yang lebih besar . Dari gambar diatas secara keseluruhan bentuk *beads* yang diperoleh berbentuk bulat dengan adanya sedikit berongga pada permukaannya. PLLA berada didalam jaring-jaring benang *Cellulose Acetate*. Dari pemaparan diatas secara partial CA/PLLA cocok , akan tetapi untuk mengoptimalkan kecocokan antara CA/PLLA dapat dengan cara menambahkan “*compatibilizer agent*” *Tetraisopropyl Titanat (TP)*, mengoptimalkan kondisi pencampuran seperti komposisi pelarut, komposisi pencampuran, dan suhu yang digunakan.

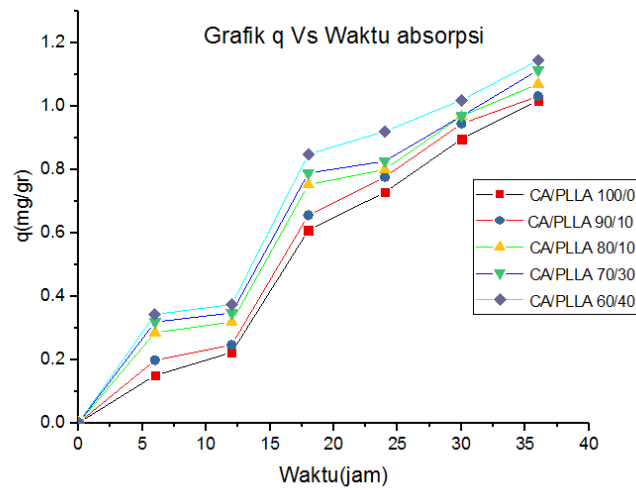
IV.3 Hasil Analisa Penyerapan Metilen Biru

Analisis penyerapan metilen biru oleh CA/PLLA *beads* yang telah di oven pada suhu 45°C selama 16 jam untuk memastikan tidak adanya air yang mengisi pori-pori CA/PLLA *Beads* sehingga kemampuan adsorpsi CA/PLLA *Beads* terhadap metilen biru lebih maksimal. CA/PLLA *Beads* yang sudah kering ditimbang sebanyak 0,1 gram yang kemudian direndam dalam larutan metilen biru 5 ppm sebanyak 50 ml selama 6,12,18,24,30,dan 36 jam. Pada proses ini terjadi peristiwa adsorpsi antara adsorben berupa CA/PLLA *Beads* dengan adsorbat berupa larutan metilen biru.

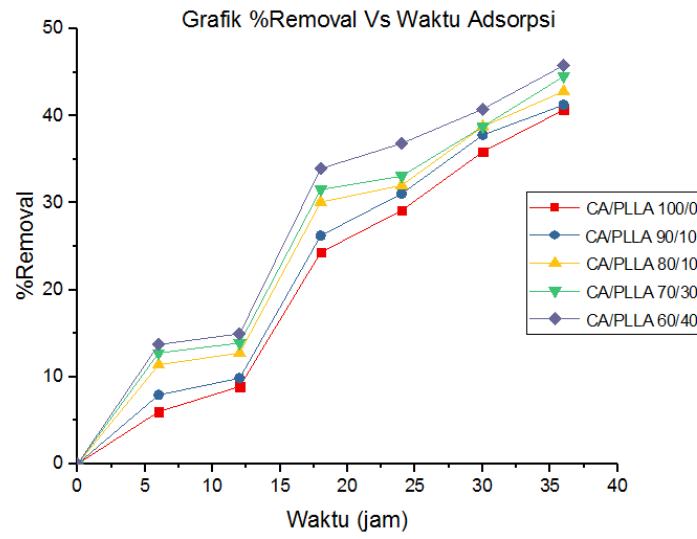
Selama proses adsorpsi, larutan metilen biru banyak yang teradsorp dalam pori-pori CA/PLLA *Beads*. Larutan metilen biru sisa adsorpsi tersebut kemudian di analisa menggunakan

Spektrofotometer UV-Vis pada gelombang 663 nm. Hasil analisa menggunakan Spektrofotometer yaitu nilai adsorbansi (A). Nilai adsorbansi yang diperoleh, dijadikan data untuk menghitung banyaknya metilen biru yang terserap oleh *CA/PLLA Beads*.

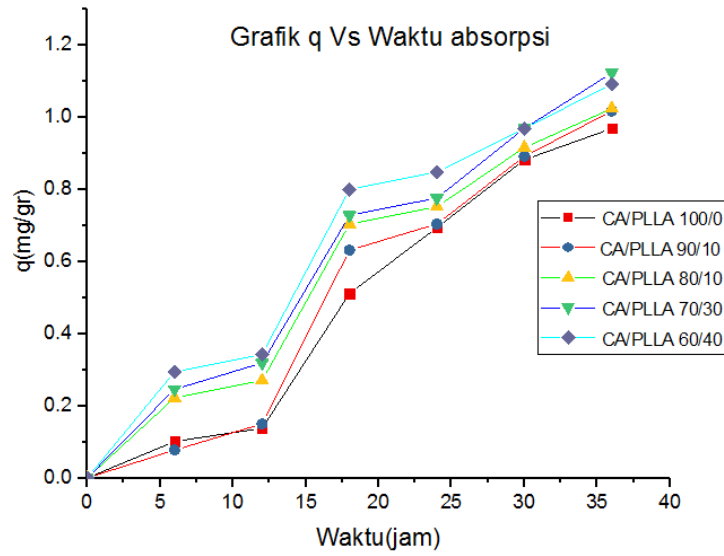
Pada percobaan ini divariasikan waktu peyerapan metilen blue selama 36 jam yang dihitung per 6 jam. Berikut adalah grafik pengaruh larutan waktu penyerapan terhadap kapasitas adsorpsi dapat dilihat pada Gambar -gambar dibawah ini :



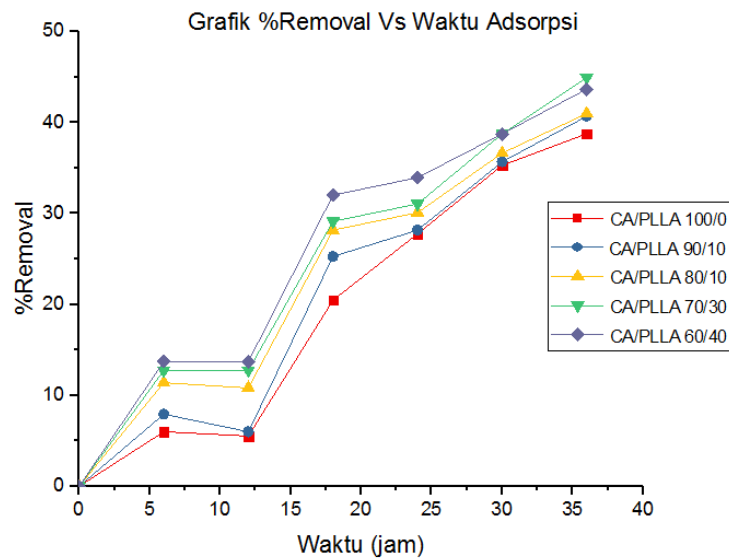
Gambar 4.7 Grafik q dan Waktu penyerapan CA/PLLA 10%wt



Gambar 4.8 Grafik %removal dan Waktu penyerapan CA/PLLA 10%wt

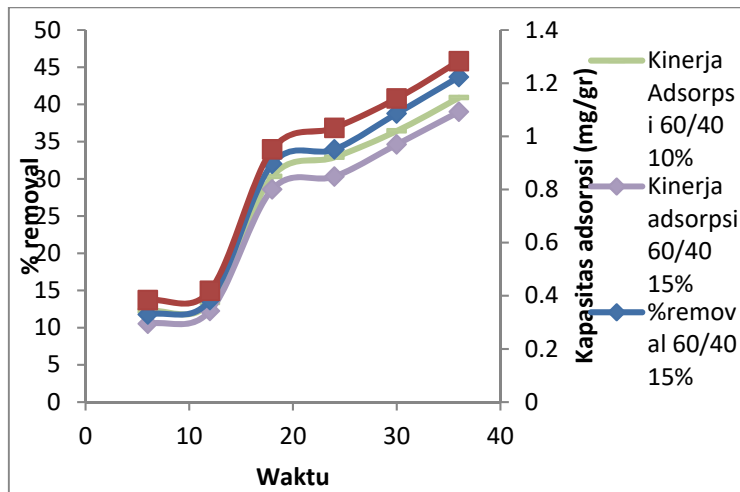


Gambar 4.9 Grafik q Vs Waktu penyerapan CA/PLLA 15%wt



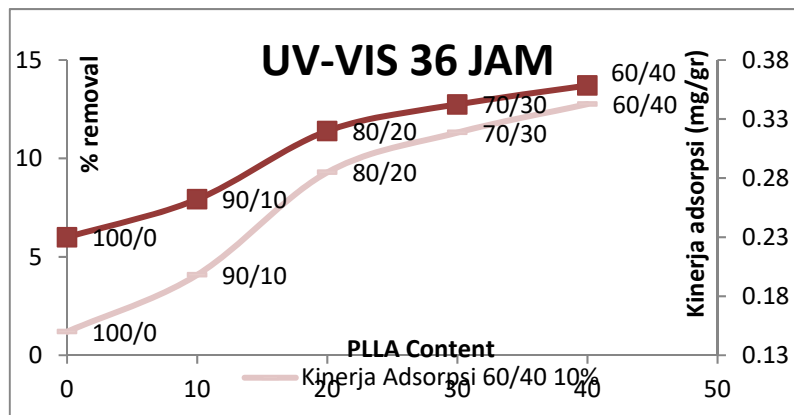
Gambar 4.10 Grafik %removal Vs Waktu penyerapan CA/PLLA 15%wt

Dari Keempat grafik diatas dapat dilihat bahwa seiring bertambahnya waktu maka kapasitas adsorpsi dan % removal dari CA/PLLA *Beads* akan semakin baik. Maka dapat disimpulkan bahwa CA/PLLA dapat mengadsorp larutan metilen biru lebih banyak dengan seiring bertambahnya waktu penyerapan namun dari grafik diatas belum menunjukkan equilibrium dari CA/PLLA *Beads*..



Gambar 4.11 Grafik perbandingan 10%wt dan 15%wt CA/PLLA Beads

Dari grafik dapat dilihat nilai kapasitas adsorpsi CA/PLLA beads 10%wt sebesar 1.145 mg/gr untuk waktu 36 jam sedangkan untuk 15%wt kapasitas adsorpsi yang didapat sebesar 1.092 mg/gr. Dari nilai tersebut menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi CA/PLLA beads 10%wt lebih baik daripada CA/PLLA beads 15%wt. Terlihat dari analisa SEM CA/PLLA beads 10%wt ukuran pori lebih besar daripada CA/PLLA beads 15%wt sehingga mengakibatkan akan semakin banyaknya metilen blue yang teradsorpsi oleh beads.



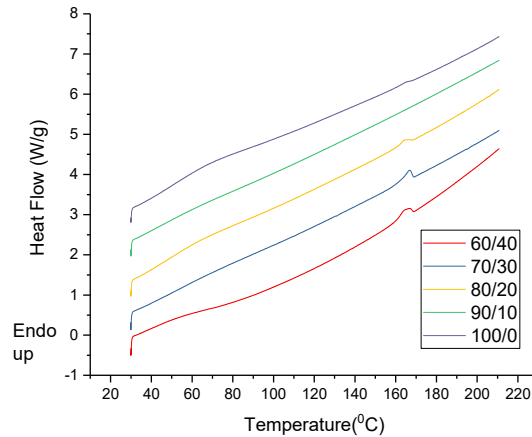
Gambar 4.12 Grafik Komposisi CA/PLLA *Beads* terhadap kapasitas adsorpsi dan % removal

Dari grafik menunjukkan dimana saat komposisi CA/PLLA 60/40 10%wt kapasitas adsorpsi didapat sebesar 0.342 mg/gr sedangkan % removal yang didapat sebesar 13.7 % lebih besar dibandingkan dengan CA murni yang bernilai 0.14 mg/gr untuk kapasitas adsorpsi dan 5.99 % untuk % persen removal. Hal ini menunjukkan bahwa Semakin banyak PLLA yang ditambahkan maka akan semakin baik penyerapan *beads* tersebut hal ini dikarenakan semakin banyaknya PLLA yang ditambahkan membuat pori pori *beads* semakin besar dan akan membuat penyerapan semakin maksimal.

IV.4 Pengaruh Penambahan PLLA pada Karakterisasi Thermal

Properti termal ditentukan oleh Diferential Scanning Calorimetry (DSC). Setiap sampel dipanaskan pada ambient temperature hingga temperatur 280 °C pada rate 10 °C/menit. Kurva diperoleh dari pemanasan kedua dan dianalisa. Pengukuran DSC digunakan untuk mengarakteristik properti termal CA/PLLA *beads*. Temperatur glass transition (Tg) dari material ditunjukkan

pada onset kurva. Pada proses pemanasan DSC, semua CA/PLLA *beads* memperlihatkan peak eksotermis yang menjelaskan cold crystallization temperature (T_{cc}). Melting temperature (T_m) ditunjukkan melalui dua peak melting temperature (T_m) yang berbeda. Dua peak ini selalu berdampingan dikarenakan dua jenis struktur kristalin atau karena sifat lebur dengan model pengkristalan kembali dan leburan. Kurva DSC dari CA/PLLA *beads* dijelaskan pada Gambar IV.16. Nilai T_g , T_m , T_{cc} , ΔH_f , dan ΔH_{cc} yang diperoleh dari analisa DSC dari CA/PLLA *beads* dilampirkan pada tabel IV.3.



Gambar IV.13. Kurva DSC dari biokomposit CA/PLLA *beads*.

Tabel 4.2 Nilai T_m , ΔH_f , yang diperoleh dari analisa DSC biokomposit CA/PLLA *beads* 10%wt

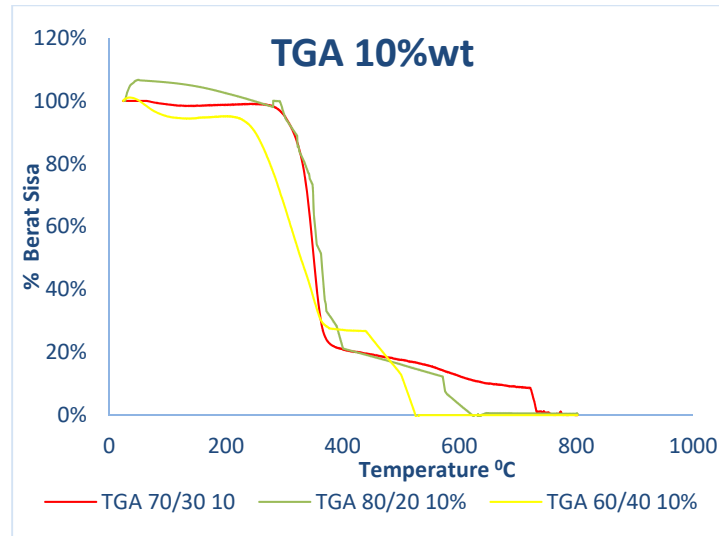
| Komposisi | T_m (°C) | ΔH_f (W/g) |
|-----------|------------|--------------------|
| 90/10 | 167.93 | 1.987 |
| 80/20 | 167.36 | 6.987 |
| 70/30 | 166.61 | 14.413 |
| 60/40 | 164.37 | 13.992 |

Pada kurva DSC, peak yang muncul pada suhu 164.37 °C merupakan T_m biokomposit CA/PLLA *beads* komposisi 60/40. Penambahan PLLA dapat mempengaruhi nilai T_m pada komposit, dimana dengan semakin banyaknya PLLA yang ditambah maka nilai T_m yang semakin kecil hal ini dikarenakan nilai T_m dari PLLA murni lebih kecil daripada nilai T_m CA murni (Lin Xiao dkk, 2013). Selain itu, selama pemanasan berlangsung kurva menunjukkan peak eksotermis pada suhu 108.76 °C yang diakibatkan cold crystallization untuk komposisi 60/40 dan peak endotermis pada suhu 164,37 °C yang diakibatkan proses pelelehan. Dengan semakin banyaknya penambahan PLLA, peak T_{cc} pada CA/PLLA *beads* mengalami pergeseran ke arah temperatur yang lebih rendah.

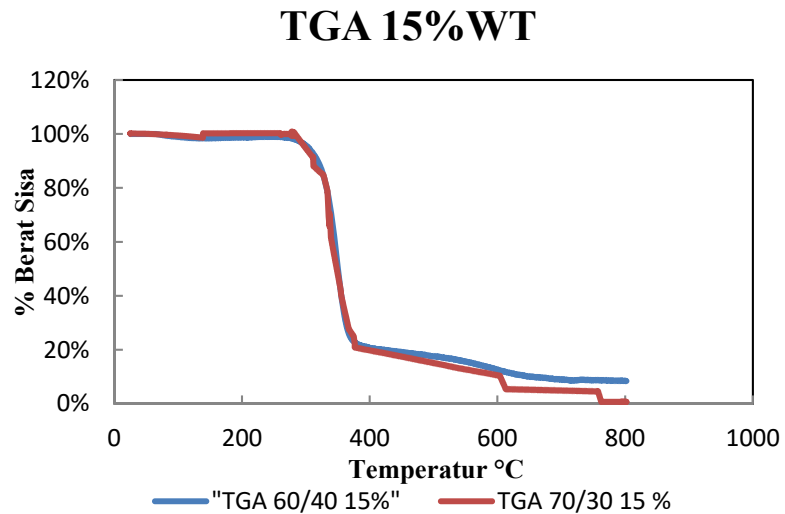
IV.5 Pengaruh Penambahan CA pada Kestabilan Suhu

TGA (*Thermogravimetry Analysis*) analisa yang bertujuan untuk mengetahui penurunan massa biokomposit *beads*

terhadap perubahan suhu yang diberikan. Penurunan massa tersebut menunjukkan adanya reaksi penguraian atau reaksi kimia pada produk biokomposit. Pada saat analisa pemanasan di TGA berada di kisaran 800 ° C, dan laju pemanasan dikontrol pada 10 ° C menit⁻¹. Ketika Suhu pemanasan mencapai 105 ° C, suhu ditahan selama 10 menit Untuk benar-benar menghapus kelembaban dan memberikan basis untuk analisis.



Gambar 4.14 Hasil analisa TGA (*Thermogravimetry Analysis*)
CA/PLLA Beads 10%wt



Gambar 4.15 Hasil analisa TGA (*Thermogravimetry Analysis*)
CA/PLLA *Beads* 15%wt 15 %

Gambar – gambar diatas menunjukkan penguraian massa produk biokomposit *beads* dengan variable komposisi CA/PLLA yang berbeda serta konsentrasi yang berbeda pada suhu tertentu. Pada CA/PLLA *beads*60/40 10% produk biokomposit benar benar habis pada suhu diatas 500 °C

Tabel 4.3 Kestabilan Suhu Produk Biokomposit CA/PLLA

| Komposisi CA/PLLA | T _{onset} (°C) | T ₂₀ (°C) | T ₅₀ (°C) | Berat sisa saat suhu 500°C (%) |
|-------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|
| 80/20 10% | 295,862 | 334,81 | 362,45 | 16,08 |
| 70/30 15% | 290,57 | 332,13 | 350,64 | 15.48 |
| 70/30 10% | 289,77 | 331,37 | 350,24 | 15.01 |
| 60/40 15 % | 287,67 | 330,43 | 349,78 | 13.78 |
| 60/40 10 % | 257,14 | 300,87 | 325,43 | 12.21 |

Pada tabel 4.3 menunjukkan data onset (data suhu degradasi) dari biokomposit CA/PLLA *beads*. Dan pada saat T_{20} dan T_{50} menunjukkan biokomposit terdegradasi/ berkurang sebanyak 20% dan 50%. Dari tabel tersebut, didapatkan bahwa biokomposit CA/PLLA 80/20 10% terdegradasi pada suhu yang lebih tinggi yaitu sebesar 295.862°C bila dibandingkan dengan CA/PLLA 60/40 10% yang sebesar $257,14^{\circ}\text{C}$. Hal ini disebabkan oleh semakin banyak PLLA yang ditambahkan, semakin tinggi kristalinitas dari biokomposit tersebut. Maka panas yang diperlukan untuk menguraikan struktur kristalinitas dari biokomposit tersebut juga semakin tinggi. Dan juga ini menunjukkan bahwa CA bagus untuk suhu yang tinggi karena semakin banyak CA semakin lama *beads* terdegradasi. Sedangkan nilai pada berat sisa saat suhu 500°C paling besar terdapat pada CA/PLLA 80/20 10%. Hal ini dikarenakan oleh pengaruh CA yang terdapat pada PLLA memiliki stabilitas termal yang baik, sehingga semakin banyak CA semakin bagus kestabilan dari PLLA terhadap suhu tinggi sehingga berat sisa semakin besar. Dan semakin besar konsentrasi maka akan semakin bagus pula kestabilan suhunya sehingga sisa berat semakin banyak. Namun perbedaan kestabilan konsentrasi tidak terlalu drastis jika dibandingkan dengan perbedaan komposisi CA.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Pengaruh perubahan perbandingan berat CA/PLLA *Beads* yaitu, semakin banyak PLLA yang ditambahkan maka pori-pori pada permukaan *Beads* akan semakin mengecil. Sedangkan untuk kinerja proses adsorpsi semakin meningkat dengan penambahan material PLLA dalam CA/PLLA *Beads*.
2. Pengaruh perubahan perbandingan konsentrasi antara CA dan PLLA pada CA/PLLA *Beads* yaitu, pada konsentrasi larutan 10%wt pori-pori permukaan bead terlihat lebih besar daripada konsentrasi larutan 15%wt. Sedangkan untuk kinerja proses adsorpsi terlihat konsentrasi larutan 10% wt memiliki %Removal lebih besar.
3. Nilai % Removal pada CA/PLLA beads semakin meningkat seiring bertambahnya waktu perendaman CA/PLLA beads dalam larutan metilen biru.

V.2 Saran

1. Perlu dilakukan analisa FT-IR untuk mengetahui unsur yang ada pada biokomposit CA/PLLA *Beads*.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui kapasitas maksimum dari beads dan perubahan pH serta suhu pada kinerja adsorpsi beads.
3. Perlu dilakukan analisa biokompabilitas untuk mengetahui beads dapat diaplikasikan pada bidang biomedik.
4. perlu dilakukan analisa BET untuk mengetahui luas permukaan dari beads CA/PLLA *Beads*

5. Untuk mengoptimalkan kecocokan antara CA dan PLLA dapat dengan cara menambahkan “*compatibilizer agent*” *Tetraisopropyl Titanat (TP)* serta bisa juga dengan membentuk *Malaeic Anhydride-grafted Poly(L-Lactid Acid)*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Pengaruh perubahan perbandingan berat CA/PLLA *Beads* yaitu, semakin banyak PLLA yang ditambahkan maka pori-pori pada permukaan permukaan *Beads* akan semakin mengecil. Sedangkan untuk kinerja proses adsorpsi semakin meningkat dengan penambahan material PLLA dalam CA/PLLA *Beads*.
2. Pengaruh perubahan perbandingan konsentrasi antara CA dan PLLA pada CA/PLLA *Beads* yaitu, pada konsentrasi larutan 10%wt pori-pori permukaan bead terlihat lebih besar daripada konsentrasi larutan 15%wt, dan *surface area* pada konsentrasi 10%wt lebih besar daripada konsentrasi 15%wt. Sedangkan untuk kinerja proses adsorpsi terlihat konsentrasi larutan 10% wt memiliki %Removal lebih besar.
3. Nilai % Removal pada CA/PLLA beads semakin meningkat seiring bertambahnya waktu perendaman CA/PLLA beads dalam larutan metilen biru.

V.2 Saran

1. Perlu dilakukan analisa FT-IR untuk mengetahui unsur yang ada pada biokomposit CA/PLLA *Beads*.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui kapasitas maksimum dari beads dan perubahan pH serta suhu pada kinerja adsorpsi beads.
3. Perlu dilakukan analisa biokompatibilitas untuk mengetahui beads dapat diaplikasikan pada bidang biomedik.
4. perlu dilakukan analisa BET untuk mengetahui luas permukaan dari beads CA/PLLA *Beads*

5. Untuk mengoptimalkan kecocokan antara CA dan PLLA dapat dengan cara menambahkan “*compatibilizer agent*” *Tetraisopropyl Titanat (TP)* serta bisa juga dengan membentuk *Malaeic Anhydride-grafted Poly(L-Lactid Acid)*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Auras, R., Lim, L.K., Selke, S.M., and Tsuji, H., 2010, POLY(LACTIC ACID): Synthesis, Structures, Properties, Processing, and Applications, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey
2. Bastioli, Catia. 2002. Global Status of the Production of Biobased Packaging Materials. Novara. Italy
3. Chen Li Fu, Tsao George T. (1976). "Physical Characteristics of Porous Cellulose Beads as Supporting Material for Immobilized Enzymes". *Biotechnology and bioengineering*. 18, 1507-1516.
4. Dhananasekaran, Solairaj (2016) "Adsorption of Methylene Blue, Bromophenol Blue by α -chitin". 7, 113-214.
5. Endang Palupi. (2006). Degradasi Methylene Blue dengan Metode Fotokatalisis dan Fotoelektrokatalisis Menggunakan Film TiO₂. Skripsi. Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
6. Entcheva, E.; Bien, H.; Yin, L.; Chung, C.-Y.; Farrell, M.; Kostov, Y. (2004). "Biomaterials". 25, 5753-5762.
7. Fernandes, E. M.; Pires, R. A.; Mano, J. F.; Reis, R. L. (2003). "*Prog. Polym. Sci.*". 38, 1415-1441.
8. Fischer S, Tummler K, Volkert B, Hettrich K, Schmidt I, Fischer K. (2008). "Properties and Application of Cellulose Acetate". 262, 89-96.
9. Garlotta, D., 2011, A Literature Review of Poly(Lactic Acid), *Journal of Polymers and the Environment*, vol. 9, no. 2, pp. 63 – 84.
10. Hirata, M. and Kimura, Y., 2010, Structure and Properties of Stereocomplex-Type Poly(lactic acid), in *Poly(Lactic Acid): Synthesis, Structures, Properties, Processing, and Applications* (eds R. Auras, L.T. Lim, S.E.M. Selke

- and H. Tsuji), John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA, pp. 59-65
11. Jandali, M.Z. dan G. Widmann. 1995. Thermoplastics : Collected Applications Thermal Analysis. Mettler Toledo. Switzerland
 12. Martin Gericke, Jani Trygg, and Pedro Fardim. "Functional Cellulose Beads: Preparation, Characterization, and Applications". Chem. Rev. dx.doi.org/10.1021/cr300242j
 13. Morales A, Bordallo (2004). " Adsorption and Release Properties of Beads Cellulose". Vol.5 No.5 417-423
 14. Pan, P., Liang, Z., Zhu, B., Dong, T., and Inoue, Y., (2009), Blending Effects on Polymorphic Crystallization of Poly(L-lactide), *Macromolecules*, 42, pp. 3374-3380.
 15. Pathania Deepak, Katrin (2010), "Removal of methylene blue by adsorption onto activated carbon developed from Ficu carica bast" India.
 16. Riyanto dan Tatang Shabur Julianto. (2009). Degradasi Senyawa Metilen Biru dengan Metode Elektrolisis Menggunakan Elektroda Platinum. *Jurnal Universitas Islam Indonesia*. UII. Yogyakarta.
 17. Rui M. A. Domingues, Manuela E. Gomes, and Rui L.Reis. "The potential of Cellulose Nanocrystals in Tissue Engineering strategies". *Biomacromolecules*, Just Accepted Manuscript • Publication Date (Web): 10 Jun 2014
 18. Sescousse R, Gavillilon R. (2011). "Wet and Dry Highly Porous Cellulose Beads from Cellulose-NaOH-Water Sollution: Influence of The Preparation Condition on Beads Shape and Encapsulation of Inorganic Particles". 46, 759-765.
 19. Sitompul, Johner; Rizki Insyani,;Daniel Prasetyo; Hermawan Prajitno; Hyung Woo Lee," Sifat Polimer dan

- Kemampuan Terbiodegradasi *Blend Biodegradable*
Polymer Poli (L-Asam Laktat) (PLLA)”ITB Bandung.
20. Suteu D, Biliuta G, Rusu L, Coseri S, Nacu G. “Cellulose Cellets as New Type of Adsorbent for The Removal of Dyes Aqueous Media”. 14 (3), 525-532.
 21. V. Weber, I. Linsberger, M. Ettenauer, F. Loth, M. Hoyhtya, D. Falkenhagen. (2005). “Biomacromolecules”. 6, 1864.
 22. Witthayaprapakorn C, Thananukul K, Suttun N, Punyamonwongsa P, Molloy
 23. Yu L, Dean K, Li L. (2006). “Polymer Blends and Composites from Renewable Resources”. 31, 576-602.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR NOTASI

1. G = Berat PLLA/CA (g)
2. V = Volume larutan (L)
3. C = Konsentrasi akhir zat warna dalam larutan (mg/L)
4. Co = Konsentrasi awal zat warna dalam larutan (mg/L)
5. ρ = Massa jenis (gr/cm^3)
6. m = Massa (gr)
7. q = Kapasitas Adsorpsi
8. % R = % Removal

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

APPENDIKS A

PERHITUNGAN KOMPOSISI BAHAN

A. Perhitungan Komposisi Bahan dan Pelarut untuk CA/PLLA

Beads untuk konsentrasi 10% wt

Diketahui :

- ~ Perbandingan berat solute dan solvent : 10%
- ~ Berat solute : 2 gr
- ~ Densitas kloroform : 1,49
- ~ Densitas aseton : 0,791
- ~ Densitas DMSO : 1,1
- ~ Perbandingan (aseton/DMSO) : kloroform : 70% : 30%
- ~ Perbandingan aseton : DMSO : 60% : 40%

Contoh perhitungan :

a. CA/PLLA : 100/0

- o 10% x Berat Larutan Total = Berat Solute
- 10% x Berat Larutan Total = 2 gr
- Berat Larutan Total = 20 gr
- o 90% x Berat Larutan Total = Berat Solvent
- 90% x 20 gr = 18 gr
- o Volume pelarut CA yang dibutuhkan :
 - 100% x 18 gr = 18 gr
 - ~ Aseton = 18 gr x 60%
 - = 10,2 gr
 - $$\rho = \frac{m}{volume}$$
 - 0,791 = $\frac{10,2\text{ gr}}{volume}$
 - Volume = 13,65 ml
 - ~ DMSO = 18 gr x 40%
 - = 7,2 gr
 - $$\rho = \frac{m}{volume}$$

$$\begin{array}{rcl} 1,1 & = & \frac{7,2 \text{ gr}}{\text{volume}} \\ \text{Volume} & = & 6,54 \text{ ml} \end{array}$$

Langkah perhitungan di atas digunakan untuk menghitung kebutuhan solvent dan solute yang dibutuhkan pada variabel 100/0

b. CA/PLLA : 60/40

$$\begin{array}{rcl} \circ 10\% \times \text{Berat Larutan Total} & = & \text{Berat Solute} \\ 10\% \times \text{Berat Larutan Total} & = & 2 \text{ gr} \\ \circ \text{Berat Larutan Total} & = & 18 \text{ gr} \\ 90\% \times \text{Berat Larutan Total} & = & \text{Berat Solvent} \\ 90\% \times 20 \text{ gr} & = & 18 \text{ gr} \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} \circ \text{Volume pelarut CA yang dibutuhkan :} & & \\ 70\% \times 18 \text{ gr} & = & 12,6 \text{ gr} \\ \sim \text{Aseton} & = & 12,6 \text{ gr} \times 60\% \\ & = & 7,56 \text{ gr} \\ \rho & = & \frac{m}{\text{volume}} \\ 0,791 & = & \frac{7,56 \text{ gr}}{\text{volume}} \\ \text{Volume} & = & 9,56 \text{ ml} \\ \sim \text{DMSO} & = & 12,6 \text{ gr} \times 40\% \\ & = & 5,04 \text{ gr} \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} \rho & = & \frac{m}{\text{volume}} \\ 1,1 & = & \frac{5,04 \text{ gr}}{\text{volume}} \\ \text{Volume} & = & 4,58 \text{ ml} \end{array}$$

○ Volume pelarut PLLA yang dibutuhkan :

$$\begin{array}{rcl} 30\% \times 18 \text{ gr} & = & 5,4 \text{ gr} \\ \rho & = & \frac{m}{\text{volume}} \\ 1,49 & = & \frac{5,4 \text{ gr}}{\text{volume}} \\ \text{Volume} & = & 3,63 \text{ ml} \end{array}$$

Langkah perhitungan di atas digunakan untuk menghitung kebutuhan solvent dan solute yang dibutuhkan pada variabel 90/100 ; 80/20 ; 70/30 ; 60/400

B. Perhitungan Komposisi Bahan dan Pelarut untuk CA/PLLA
Beads untuk konsentrasi 15% wt

Diketahui :

- ~ Perbandingan berat solute dan solvent : 15%
- ~ Berat solute : 2 gr
- ~ Densitas kloroform : 1,49
- ~ Densitas aseton : 0,791
- ~ Densitas DMSO : 1,1
- ~ Perbandingan aseton : kloroform : 70% : 30%
- ~ Perbandingan aseton : DMSO : 60% : 40%

Contoh perhitungan :

a. CA/PLLA : 100/0

- $15\% \times \text{Berat Larutan Total} = \text{Berat Solute}$
 $15\% \times \text{Berat Larutan Total} = 2 \text{ gr}$
 $\text{Berat Larutan Total} = 13,33 \text{ gr}$
- $85\% \times \text{Berat Larutan Total} = \text{Berat Solvent}$
 $85\% \times 13,33 \text{ gr} = 11,33 \text{ gr}$
- Volume pelarut CA yang dibutuhkan :
 $100\% \times 11,33 \text{ gr} = 11,33 \text{ gr}$
 ~ Aseton $= 11,33 \text{ gr} \times 60\%$
 $= 6,80 \text{ gr}$

$$\rho = \frac{m}{\text{volume}}$$

$$0,791 = \frac{6,80 \text{ gr}}{\text{volume}}$$

$$\text{Volume} = 8,59 \text{ ml}$$
 ~ DMSO $= 11,33 \text{ gr} \times 40\%$
 $= 4,53 \text{ gr}$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{m}{\text{volume}} \\ 1,1 &= \frac{4,53 \text{ gr}}{\text{volume}} \\ \text{Volume} &= 4,20 \text{ ml} \end{aligned}$$

Langkah perhitungan di atas digunakan untuk menghitung kebutuhan solvent dan solute yang dibutuhkan pada variabel 100/0

b. CA/PLLA : 80/20

- 15% x Berat Larutan Total = Berat Solute
- 10% x Berat Larutan Total = 2 gr
- Berat Larutan Total = 13,33 gr
- 85% x Berat Larutan Total = Berat Solvent
- 85% x 20 gr = 11,33 gr

○ Volume pelarut CA yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} 70\% \times 11,33 \text{ gr} &= 7,93 \text{ gr} \\ \sim \text{Aseton} &= 7,93 \text{ gr} \times 60\% \\ &= 4,76 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{m}{\text{volume}} \\ 0,791 &= \frac{4,76 \text{ gr}}{\text{volume}} \\ \text{Volume} &= 6,10 \text{ ml} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sim \text{DMSO} &= 11,33 \text{ gr} \times 40\% \\ &= 3,17 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{m}{\text{volume}} \\ 1,1 &= \frac{3,17 \text{ gr}}{\text{volume}} \\ \text{Volume} &= 2,90 \text{ ml} \end{aligned}$$

○ Volume pelarut PLLA yang dibutuhkan :

$$30\% \times 11,33 \text{ gr} = 3,40 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{m}{\text{volume}} \\ 1,49 &= \frac{3,40 \text{ gr}}{\text{volume}} \\ \text{Volume} &= 2,30 \text{ ml} \end{aligned}$$

Langkah perhitungan di atas digunakan untuk menghitung kebutuhan solvent dan solute yang dibutuhkan pada variabel 90/100 ; 80/20 ; 70/30 ; 60/400

C. Perhitungan Komposisi Bahan

a. Perbandingan 100/0

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan CA} &= \frac{100}{100} \times \text{berat solute} \\ &= \frac{100}{100} \times 2 \text{ gr} \\ &= 2 \text{ gr} \\ \text{Kebutuhan PLLA CA} &= \text{Total berat solute} - \text{kebutuhan CA} \\ &= 2\text{gr} - 2\text{gr} \\ &= 0 \text{ gr} \end{aligned}$$

b. Perbandingan 60/40

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan CA} &= \frac{60}{100} \times \text{berat solute} \\ &= \frac{60}{100} \times 2 \text{ gr} \\ &= 1,2 \text{ gr} \\ \text{Kebutuhan PLLA} &= \text{Total berat solute} - \text{kebutuhan CA} \\ &= 2 \text{ gr} - 1,2 \text{ gr} \\ &= 0,8 \text{ gr} \end{aligned}$$

Tabel A-1 Variabel perbandingan matriks CA/ PLLA

| Variabel | Berat CA(gr) | Berat PLLA (gr) |
|----------|--------------|-----------------|
| 100/0 | 2,00 | 0,00 |
| 90/10 | 1,80 | 0.20 |
| 80/20 | 1.60 | 0.40 |
| 70/30 | 1,40 | 0.60 |
| 60/40 | 1,20 | 0.80 |

APPENDIKS B

PERHITUNGAN LARUTAN METILEN BLUE

1. Larutan Induk Metilen Blue 200 ppm

Pembuatan larutan induk *methylene blue* 200 ppm dilakukan dengan cara melarutkan kristal *methylene blue* sebanyak 0,2 gram dengan aquades kemudian diencerkan sampai 1 L menggunakan labu ukur 1 L. Penimbangan kristal *methylene blue* sebanyak 0,2 gram berdasarkan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\sim 1 \text{ ppm} &= 1 \text{ mg/l} \\ 200 \text{ ppm} &= 200 \text{ mg/l}\end{aligned}$$

2. Larutan Standar

Larutan induk 200 ppm diencerkan menjadi 50 ppm sebanyak 200 mL kemudian diencerkan lagi menjadi 2 ; 4 ; 5 ; 6 ; 8 ; 10 ppm sebanyak 50 mL sebagai larutan standar, menggunakan rumus berikut :

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

dengan: V_1 = volume larutan sebelum pengenceran

M_1 = konsentrasi larutan sebelum pengenceran

V_2 = volume larutan setelah pengenceran

M_2 = konsentrasi larutan setelah pengenceran

a) Larutan 20 ppm

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$\begin{aligned}V_1 &= \frac{V_2 \times M_2}{M_1} \\ &= \frac{200 \text{ ml} \times 50 \text{ ppm}}{200 \text{ ppm}} \\ &= 50 \text{ ml}\end{aligned}$$

b) Larutan standar 2 ppm

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$\begin{aligned}V_1 &= \frac{V_2 \times M_2}{M_1} \\ &= \frac{50 \text{ ml} \times 2 \text{ ppm}}{20 \text{ ppm}} \\ &= 5 \text{ ml}\end{aligned}$$

Perhitungan ini analog untuk larutan standar 4 ; 6 ; 8 ; 10 ppm, sehingga volume larutan 20 ppm yang dibutuhkan untuk membuat masing-masing larutan standar tersebut adalah 10 ; 15 ; 20 ; 25 ml

3. Larutan Adsorbat

Konsentrasi larutan adsorbat adalah 5 ppm sebanyak 50 ml. Banyaknya larutan yang dibutuhkan dapat ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_1 \cdot M_1 &= V_2 \cdot M_2 \\ V_1 &= \frac{V_2 \times M_2}{M_1} \\ &= \frac{50ml \times 5ppm}{20ppm} \\ &= 12,5 \text{ ml} \end{aligned}$$

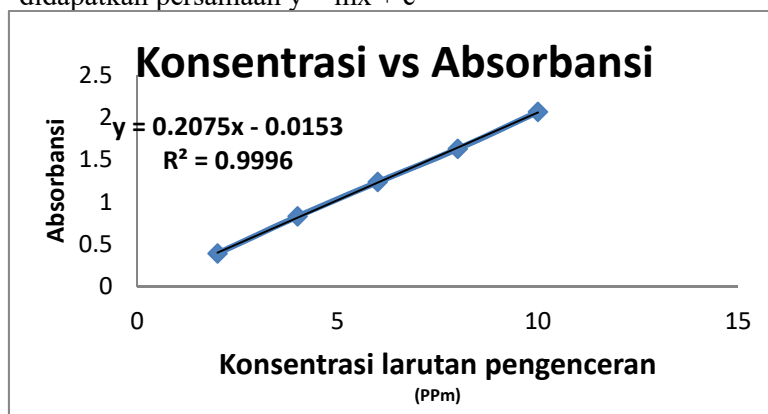
APPENDIKS C

PERHITUNGAN SPEKTROFOTOMETER UV-VIS

1. Menghitung nilai absorbansi dari larutan pengenceran, hingga didapatkan data di bawah ini :

| Konsentrasi Larutan (ppm) | Rata-Rata Absorbansi |
|------------------------------|----------------------|
| 2 | 0,39 |
| 4 | 0,829 |
| 6 | 1.235 |
| 8 | 1,628 |
| 10 | 2,065 |

2. Dengan adanya data data Absorbansi saat konsentrasi tertentu maka dapat dibuat grafik larutan pengenceran hingga didapatkan persamaan $y = mx + c$



Persamaan ini digunakan untuk menghitung konsentrasi akhir dari larutan, yang akan dipakai untuk mencari q dan % removal
Dimana Y = konsentrasi awal

3. Menghitung konsentarsi akhir dari larutan

| Variabel CA/PL LA | Waktu penyerapan metilen blue (jam) | Konsentrasi Awal (ppm) | | Konsentrasi Akhir(ppm) | |
|-------------------------|---|---------------------------|-------|------------------------|------|
| | | 10 % | 15% | 10 % | 15% |
| 100/0 | 6 | 0.96 | 0.98 | 4.70 | 4.80 |
| | 12 | 0.93 | 0.965 | 4.56 | 4.72 |
| | 18 | 0.77 | 0.81 | 3.78 | 3.98 |
| | 24 | 0.72 | 0.734 | 3.54 | 3.61 |
| | 30 | 0.65 | 0.656 | 3.21 | 3.24 |
| | 36 | 0.6 | 0.62 | 2.97 | 3.06 |
| 90/10 | 6 | 0.94 | 0.99 | 4.60 | 4.84 |
| | 12 | 0.92 | 0.96 | 4.51 | 4.70 |
| | 18 | 0.75 | 0.76 | 3.69 | 3.74 |
| | 24 | 0.7 | 0.73 | 3.45 | 3.59 |
| | 30 | 0.62 | 0.65 | 3.11 | 3.22 |
| | 36 | 0.594 | 0.60 | 2.94 | 2.97 |

| | | | | | |
|-------|----|-------|------|------|------|
| 80/20 | 6 | 0.904 | 0.93 | 4.43 | 4.56 |
| | 12 | 0.89 | 0.91 | 4.36 | 4.46 |
| | 18 | 0.71 | 0.73 | 3.50 | 3.59 |
| | 24 | 0.69 | 0.71 | 3.40 | 3.50 |
| | 30 | 0.63 | 0.64 | 3.06 | 3.17 |
| | 36 | 0.578 | 0.60 | 2.86 | 2.95 |
| 70/30 | 6 | 0.89 | 0.92 | 4.36 | 4.51 |
| | 12 | 0.878 | 0.89 | 4.31 | 4.36 |
| | 18 | 0.695 | 0.72 | 3.42 | 3.54 |
| | 24 | 0.679 | 0.70 | 3.35 | 3.45 |
| | 30 | 0.62 | 0.62 | 3.06 | 3.06 |
| | 36 | 0.56 | 0.56 | 2.77 | 2.75 |
| 60/40 | 6 | 0.88 | 0.90 | 4.31 | 4.41 |
| | 12 | 0.867 | 0.88 | 4.25 | 4.31 |
| | 18 | 0.67 | 0.69 | 3.30 | 3.40 |
| | 24 | 0.64 | 0.67 | 3.16 | 3.30 |
| | 30 | 0.599 | 0.62 | 2.96 | 3.06 |
| | 36 | 0.547 | 0.57 | 2.71 | 2.82 |

4. Menghitung q dan persen removal Menghitung q (*Adsorpsi Capacities*) dan % R (*% removal*)

$$q = \frac{C_0 - C}{G} \times V$$

$$\% R = \frac{(C_0 - C) \times 100}{C_0}$$

Dimana :

C = Konsentrasi akhir zat warna dalam larutan (mg/L)

Co = Konsentrasi awal zat warna dalam larutan (mg/L)

G = Berat PLLA/CA (g)

V = Volume larutan (L)

| Variabel CA/PLLA | Waktu penyerapan metilen blue (jam) | q (mg/gr) | | % removal | |
|---------------------|--|-----------|------|-----------|-------|
| | | 10 % | 15% | 10 % | 15% |
| 100/0 | 6 | 0.15 | 0.10 | 6.00 | 4.07 |
| | 12 | 0.22 | 0.14 | 8.89 | 5.51 |
| | 18 | 0.61 | 0.51 | 24.31 | 20.45 |
| | 24 | 0.73 | 0.69 | 29.13 | 27.78 |
| | 30 | 0.90 | 0.88 | 35.87 | 35.30 |
| | 36 | 1.02 | 0.97 | 40.69 | 38.77 |
| 90/10 | 6 | 0.20 | 0.08 | 7.92 | 3.10 |
| | 12 | 0.25 | 0.15 | 9.85 | 6.00 |

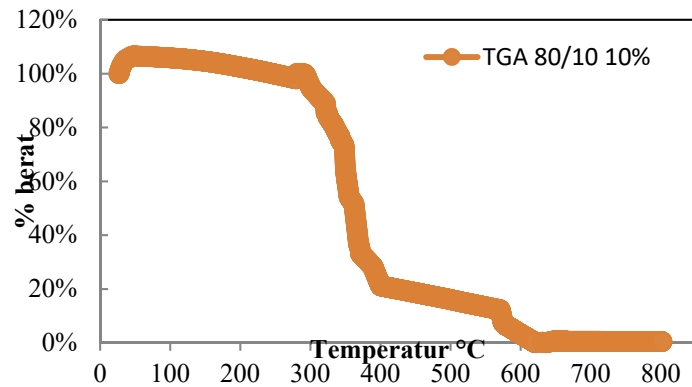
| | | | | | |
|-------|----|------|------|-------|-------|
| | 18 | 0.66 | 0.63 | 26.24 | 25.27 |
| | 24 | 0.78 | 0.70 | 31.06 | 28.16 |
| | 30 | 0.95 | 0.89 | 37.80 | 35.68 |
| | 36 | 1.03 | 1.02 | 41.27 | 40.69 |
| 80/20 | 6 | 0.28 | 0.22 | 11.39 | 8.89 |
| | 12 | 0.32 | 0.27 | 12.74 | 10.81 |
| | 18 | 0.75 | 0.70 | 30.09 | 28.16 |
| | 24 | 0.80 | 0.75 | 32.02 | 30.09 |
| | 30 | 0.97 | 0.92 | 38.77 | 36.65 |
| | 36 | 1.07 | 1.02 | 42.81 | 40.98 |
| 70/30 | 6 | 0.32 | 0.25 | 12.74 | 9.85 |
| | 12 | 0.35 | 0.32 | 13.90 | 12.74 |
| | 18 | 0.79 | 0.73 | 31.54 | 29.13 |
| | 24 | 0.83 | 0.78 | 33.08 | 31.06 |
| | 30 | 0.97 | 0.97 | 38.77 | 38.77 |
| | 36 | 1.11 | 1.12 | 44.55 | 44.93 |
| 60/40 | 6 | 0.34 | 0.29 | 13.71 | 11.78 |
| | 12 | 0.37 | 0.34 | 14.96 | 13.71 |
| | 18 | 0.75 | 0.80 | 33.95 | 32.02 |

| | | | | | |
|--|----|------|------|-------|-------|
| | 24 | 0.85 | 0.85 | 36.84 | 33.95 |
| | 30 | 0.92 | 0.97 | 40.79 | 38.77 |
| | 36 | 1.02 | 1.09 | 45.80 | 43.68 |

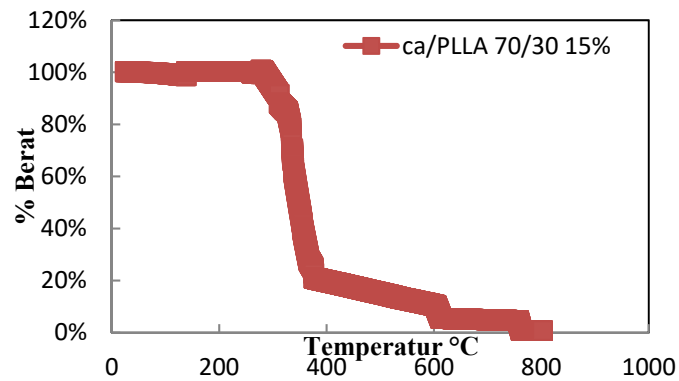
APPENDIKS D

PERHITUNGAN DAN HASIL ANALISA TGA

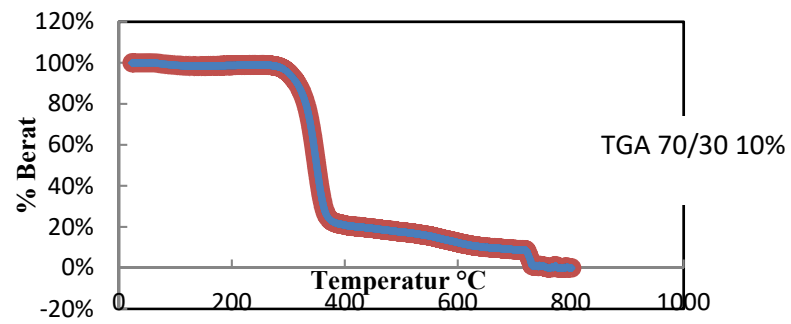
D.1 Biokomposit CA/PLLA Beads 80/20 10%



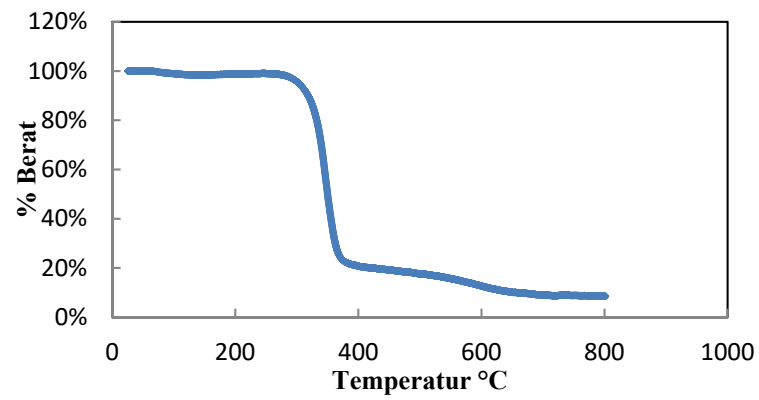
D.2 Biokomposit CA/PLLA Beads 70/30 15%



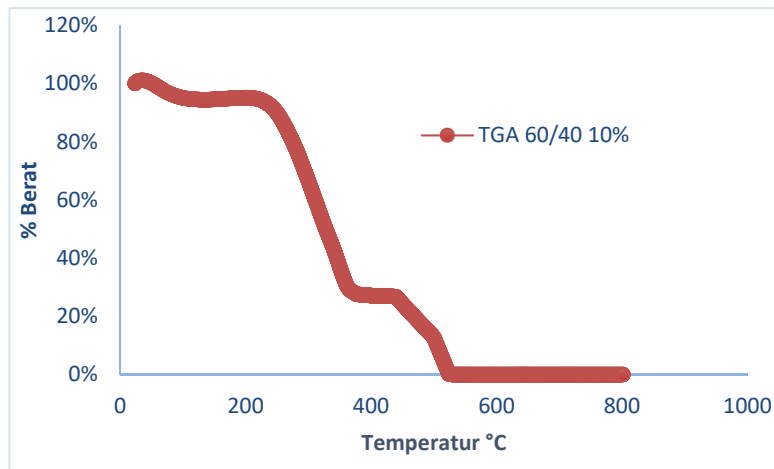
D.3 Biokomposit CA/PLLA Beads 70/30 10%



D.4 Biokomposit CA/PLLA Beads 60/40 15%



D.5 Biokomposit CA/PLLA Beads 60/40 10%



- Cara perhitungan % berat yang hilang pada TGA
- % berat yang hilang
= $(\text{berat sampel mula mula} - \text{berat sampel pada saat } t = x \text{ detik}) \times 100\%$
- Contoh : penentuan % berat massa yang hilang pada produk biokomposit Biokomposit CA/PLLA Beads 60/40 10% pada saat $t = 75$ detik
- Berat sampel awal = 1.742035 mg
- Berat sampel saat $t = 75$ detik (dari data analisa TGA) = 1.73082 mg
- $(1.742035 - 1.73082) 100 \% = 1,1215\%$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Gilmar Wicaksono, mahasiswa kelahiran Bogor, 3 April 1994 ini merupakan anak Pertama pasangan Farid Boediawan dan Ratna Ayu. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Polisi 5 Kota Bogor, SMPN 4 Kota Bogor, dan SMAN 3 Kota Bogor. Setelah itu, penulis melanjutkan pendidikan sarjana di

Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, ITS Surabaya.

Pada tahun terakhir kuliah, penulis melakukan penelitian di Laboratorium Teknologi Material untuk menyelesaikan tugas Pra Desain Pabrik melalui bimbingan Bapak Dr. Ir. Sumarno, M.Eng, Bapak Firman Kurniawansyah, S.T., M.Eng., Sc., Ph.D dan Ibu Prida Novarita T S.T, M.T. Dan skripsi melalui bimbingan Ibu Hikmatun Ni'mah S.T., M.S.,Ph.D dan Ibu Dr. Eva Oktavia Ningrum, S.T.,M.S. Penulis bisa menyelesaikan tugas Pra Desain Pabrik yang berjudul **“Portland Composite Cement (PCC)”** serta skripsi yang berjudul **“Pembuatan Biokomposit *Cellulose Acetate/Poly(L-Lactic Acid)* Bead: Pengaruh Konsentrasi Larutan dan Ratio Berat *Cellulose Acetate/Poly(L-Lactic Acid)*”**

Contact Person

Phone : +628 5716 4811 41

Email : gilmarwicaksono@gmail.com

BIODATA PENULIS



Fiky Prima Utama, mahasiswa kelahiran Kumbung, 25 Juni 1994 ini merupakan anak kedua pasangan Noharsan dan Suryani. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN 08 Empang Tanah, SMPN 1 Lunang Silaut, dan SMAN 2 Painan. Setelah itu, penulis melanjutkan pendidikan sarjana di Departemen Teknik Kimia, Fakultas

Teknologi Industri, ITS Surabaya.

Pada tahun terakhir kuliah, penulis melakukan penelitian di Laboratorium Teknologi Material untuk menyelesaikan tugas Pra Desain Pabrik melalui bimbingan Bapak Dr. Ir. Sumarno, M.Eng, Bapak Firman Kurniawansyah, S.T., M.Eng., Sc., Ph.D dan Ibu Prida Novarita T S.T, M.T. Dan skripsi melalui bimbingan Ibu Hikmatun Ni'mah S.T., M.S.,Ph.D dan Ibu Dr. Eva Oktavia Ningrum, S.T.,M.S. Penulis bisa menyelesaikan tugas Pra Desain Pabrik yang berjudul **“Portland Composite Cement (PCC)”** serta skripsi yang berjudul **“Pembuatan Biokomposit *Cellulose Acetate/Poly(L-Lactic Acid)* Bead: Pengaruh Konsentrasi Larutan dan Ratio Berat *Cellulose Acetate/Poly(L-Lactic Acid)*”**

Contact Person

Phone : 0853 6333 7540

Email : singkongkebun@gmail.com